فى الهندسة الوراثية

صناعة الحياة

من يتحكم فى البيوتكنولوجيا ؟

تأليف

إدوارد يوكسين

ترجمة

د . أحمد مستجير

الأستاذ بكلية الزراعة
جامعة القاهرة





صنـــاعة الحيـــاة

من يتحكم فى البيوتكنولوجيا ؟

صناعة الحياة
من يتحكم فى البيوتكنولوجيا ؟

تأليف

إدوارد يوكسين

ترجمة

د . أحمد مستجير

الأستاذ بكلية الزراعة
جامعة القاهرة
عضو اتحاد الكتاب

١٩٨٥

مكتبة غريب

٢٠١ شارع كامل صدقى (الفجالة)
تليفون ٩٠٢١٠٧

هذه هى الترجمة الكاملة لكتاب :

The gene business

by

Edward Yoxen

الذى نشرته Pan Books Ltd سنة ١٩٨٣

تحت الرقم الدولى ٠٣٣٠٢٨١١٢٧

الفهــرس

مقــدمة المتـرجم

يقولون إن أجمل الشعر ما يصيبك عند قراءته بالدهشة !

ولقد ملأتنى الدهشة عندما قرأت هذا الكتاب لأول مرة . . .

إن أجمل العلم ـ كأجمل الشعر ـ يصيبك بالدهشة !

تعلّمنا أن الذرة لا تنقسم . . .

ولـدهشـة العالَم ، انشطرت الذرة . . بعد أن عبث العلماء ـ فى الخفاء ـ بتركيبها الرهيف .

انشطرت الذرة ذات يوم حزين ، سيظل فى ذاكرة البشرية تأملا حزينا ، بعد هذا الدمار الهائل الحزين الذى حلّ بهيروشيما . .

وتعلمنا أن الجين ـ وحدة الوراثة ـ لا ينقسم . .

وها هو ذا ينشطر ويُبَنّى ، كما يعلمنا هذا الكتاب .

فماذا يا ترى ـ بعد الدهشة ـ ستكون النتيجة ؟

لقد أصبحت الأبحاث عن التركيب الرهيف للجين تجرى خلف الأبواب المغلقة . . و غدت إمكانات التطعيم الجينى بين الكائنات الحية جميعا أخطر من أن تمضى هكذا دون تفحّص . . .

هل سنترك العلماء وحـدهم ليصنعـوا « القنبلة الجينية » ، ربـما لتكتوى البشرية بنتائجها غير المحسوبة ؟

هل سيظل استفهامنا هو :

« ماذا قد يحدث ؟ ماذا قد يحدث ؟ »

ثم . .

« لا نسأل أبدا ، لا نسأل . . .

ماذا قد نفعل ؟ »

كما يقول صلاح عبد الصبور ؟

أم أن علينا جميعا واجباً هو أن نشترك معهم فى كل خطوة ، لنقدر قبل الخطو موضع أقدامنا ؟ . . حتى لا ننام ونصحو ذات صباح لنجد « رءوس الناس على

جثث الحيوانات ، ورءوس الحيوانات على جثث الناس » ، كما يقول نفس الشاعر .

وكيف نشترك معهم ؟

إن أول الطريق هو المعرفة . . .

أنْ نعرف ما يصنعون . . . لنجادلهم فيما سيصنعون .

لهذا كُتب هذا الكتاب ـ بسيطا كى يقرأه كل شخص ـ ولهذا ترجـمْته ، ففيه ما يكفينا جميعا ، كى نعرف ، لنناقش .

فلنندهش . . . ولنترك الدهشة بعد ذلك للشعراء ولكتاب الخيال العلمى ، ففيها لا شك زاد هائل لهم .

ولنرجع نحن ، نحاول أن نستدرج هذا العلم ليعمل فى خدمتنا . . . أن ندفعه إلى الطريق الذى نختاره نحن لا الذى يُملى علينا . . .

ففى جعبة البيوتكنولوجيا ـ بلا شك ـ إذا سُيِّرت إلى طريق الخير ، الحلُّ لمشاكل الجوع ، والمرض ، والتخلف .

أحمد مستجير

مقـدمة

بقلم روبرت م . يونج ـ محرر السلسلة

إن الكتاب الذى بين يديك هو جزء من مشروع أكبر ، غرضه تنمية وعى النـاس ومنـاقشـاتهم ومشاركتهم فى مواجهة الدور المتعاظم للعلم والتكنولوجيا والـطب فى حياتنـا ، فالبيوتكنـولـوجيا (التكنـولـوجيا الحيوية) ـ مثلهـا مثـل الإلكـترونيات الـدقيقة والتطورات الحديثة فى الطب ، كلها تتغير بسرعة كبيرة بطرق تؤثر فى خبرتنا وفى تركيب مجتمعنا ، ولها نفس اتساع وعمق الثورة الصناعية فى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر . من أين أتت هذه التطورات ؟ من يضع الأولويات ؟ إذا ما اعتقدنا أنه من الواجب أن يكون للناس صوت فى القرارات التى تؤثر تأثيرا مباشرا فى حياتهم ، فعلينا أن نسأل : كيف يمكن أن يكون لنا صوت فى وضع جدول الأعمال فى هذه الحقول من التخصصات الدقيقة .

منذ عشر سنوات لا أكثر لم تكن البيولوجيا الجزيئية تبشر كثيرا بميلاد ثورة بيوتكنولوجية ، كانت فرعا مؤثرا من فروع علوم الحياة ، فرعا أخذ نصيبا أكبر من حجمه من جوائز نوبل ، ولم يكن يبدو فيمن يمارسونه أنهم سيتحولون إلى عتاة من رجال الأعمال ! ونستطيع أن نقول نفس الشىء عن فيزيقا المواد الجامدة ، هذا التخصص الدقيق الذى بزغت عنه الإلكترونيات الدقيقة . لقد غدا من الممكن أن تتحول الحداثة ، عن طريق هاتين المجموعتين من التطور ، من العلم البحت إلى العلم التطبيقى ، كما ابتدأ الناس فى تقدير أهميتهما ، لقد أصبحوا الآن عارفين بتلك التـطورات النشـطة فى : الاخصـاب خارج الجسم الحى ، وزراعـة الأعضاء ، وجراحات استبدال الأعضاء ، حيث تبدو القضية الاجتماعية لوضع الأولـويات الطبية أكثر وضوحا . لقد أصبحت هذه المواضيع بالفعل جزءا من الجدل العام .

إن لإدوارد يوكسـين وضعـه الممتـاز الـذى يؤهله للكتـابـة عن مواضيع البيوتكنـولـوجيا هذه ، لقد درس الهندسة قبل أن يتحول إلى قضايا الدراسات الاجتماعية للعلم ، وكتب رسـالـة عن أثر البيولوجيا الجزيئية فى الفترة السابقة مباشرة لبدء الاستخدام الفعلى للبيوتكنولوجيا ، ونقطة تميزه هذه إذن تسمح له أن يلقى ضوءا واضحا على القضايا الاجتماعية والسياسية التى تطرحها التطورات : من البرج العاجى المهيب للبيولوجيا الجزيئية إلى المغامرة الرفيعة للهندسة الوراثية ، كما أنه قد انشغل أيضا فى مجهودات مختلفة لازكاء مشاركة أوسع للجماهير فى صنع

القرارات العلمية والتكنولوجية ، وكان عضوا نشطا فى الجمعية البريطانية للمسئولية الاجتماعية فى العلم ، وفى جمعية تكنولوجيا العلم والمجتمع وجماعة الاستراتيجيات البديلة فى العلم والتكنولوجيا ، وهو فى نفس الوقت يحاضر بالدراسات الحرة فى العلم بجامعة مانشستر .

إن ما يميز هذا الكتاب عن كل ما قرأته فى هذا الموضوع هو أنه يناقش فى كل مرحلة المكاسب والخسائر الاجتماعية ، وآثار القيم الاقتصادية على القيم الأكاديمية ، ثم التوتر ما بين ضرورة أن تَرُد المنتجات عائدا اقتصاديا من ناحية وبين تحديد الخدمة العامة والمصلحة الشائعة من الناحية الأخرى ، وكانت النتيجة هى أفضل ما عرفت من دراسات مفصلة عن القضايا الاجتماعية التى تطرحها التطورات الجديدة فى العلم والتكنولوجيا والطب .

إن الطريق خلال هذا الكتاب طريق مستقيم ، فالمقدمة توضح مدى أهمية المجال الواسع من التطورات التى تقع تحت مصطلح « البيوتكنولوجيا » ، بعدها ينتقل المؤلف إلى تاريخ علم البيولوجيا الجزيئية الذى أدى إلى الثورة المعاصرة للأفكار والتكنيك والاستثمارات ، مؤكدا على القضايا التى بزغت بالفعل بالنسبة للصحة والسلامة ومشاركة الجمهور ، أما الفصل الثالث فهو فصل صعب ، يُطرح فيه علم البيولوجيا الجزيئية والهندسة الوراثية ، وقد بذل الكاتب مجهودا كبيرا ليجعل هذا الفصل مبسطا كيما يستوعبه القارىء العادى ، ولكنى ربما نصحت بالمرور عليه سريعا فى أول الأمر أو تخطيه حتى يُقرأ بقية الكتاب ، وعندئذ أعتقد أنه من الممكن أن يتفهمه أى قارىء غير مدرب علميا ، ولو أن ذلك لن يكون سهلا . أما الفصول الثلاثة التالية ، فإنها تضم دراسات لحالات واقعية ، وفيها يتفحص إدوارد يوكسين بعناية كيف تقوم البيوتكنولوجيا الآن بتحوير الطب والزراعة والصناعات الغذائية ، وإنتاج الطاقة والكيماويات ، نعنى أنه يوضح التغيرات داخل الصناعات التى تنتج الكثير جدا من المنتجات التى تؤثر بشكل مباشر فى حياتنا :

وفى رأيى أن ما يتميز به الكاتب بشكل خاص هو أنه قد بسط الأمر لغير المتخصصين حتى لا يهابوا التفكير فى مواضيع غامضة مثل الأجسام المضادة النقية وتثبيت النيتروجين والتطعيم الجينى . وهو يوضح بالأمثلة أن الأمور التقنية من البساطة بحيث يمكن أن تصبح القضايا التى تثيرها مجالا يشترك فيه الجميع ، ولو أمكن أن تُعرض الكتابات الأخرى عن التطورات الحديثة فى العلم والتكنولوجيا بنفس هذه الطريقة لأصبح من غير المستبعد أن تخرج للنور سياسة الخبراء ، من دهاليز الحلقات العلمية الضيقة للتخصصات الدقيقة ، ومن مراكز البحوث

والمجالس العلمية لشركات التكنولوجيا المتقدمة للكيماويات والعقاقير.

إن معرفتنا بصواب التجاسر على التفكير فى سياسة الخبراء تُعتبر حاجزا كبيرا ، وهناك حاجز آخر لا يقل عنه رهبة هو حاجتنا إلى سياسة أخرى إذا كان لنا أن نتفحص ونناقش هذه القضايا قبل أن يفلت الزمام من أيدينا ، أعنى قبل أن تساندها الاستثمارات الاقتصادية والصناعية فيصبح منع انتشارها رهينا باعتراض شعبى هائل . ولعل فى منشآت الطاقة النووية وصواريخ كروز المثال المناسب ، فمن الممكن حقاً أن نوقف العمل فيها ، ولكن ، لو أن مرحلة البحث كانت مفتوحة أمام التقصى العام والمناقشة ، لغدا الأمر أبسط بكثير . هناك مرشح أكثر قبولا لنجاح التدخل العلنى المبكر ، هو منسق الكلمات ذو وحدة العرض المرئية ، الذى يغير الآن العمل فى المكاتب ، ففى أى مجتمع توضع فيه أولويات البحث والتطوير تحت الرقابة الديمقراطية سنجد أن عملية إبداع التكنولوجيا المكتبية الجديدة تتضمن بالضرورة المناقشات مع العاملين ، وربما كان من بين نتائج هذا : قدر أقل من المراقبة والضبط والتحكم ، وقدر أقل من البطالة التكنولوجية .

يهتم الفصل الأخير من هذا الكتاب بالمنافذ - التى يَعتقد بوجودها إدوارد يوكسين - لدور شعبى أكبر ، ولو كنت مكانه لكنت أكثر تفاؤلا ، ولكنه اختار أن يكون حذرا جدا بالنسبة لما يمكن أن يحدث فى المدى القريب ، غير أن الأهم هو أنه بيّن أن وضع سياسة جديدة لدوْر العلم فى المجتمع هو أمر معقول وهام ، ثم إنه قد خطا خطوة واثقة فى سبيل وضع هذه السياسة ، وما تزال أمامنا خطوات أكثر وأكثر .

لقد احتاج العلم بضعة قرون حتى يطور لغته المعقدة ، والحق أنها ليست لغة واحدة ، لقد طور العلماء الكثير من المعاجم التقنية المتباينة حتى ليصعب التواصل بين تحت النظم ، ولا نقول بين العلوم المختلفة ، والمناقشة العامة تتطلب ألّا تؤخذ هذه الرموز كمقدسات ، إن الجدل يمكن أن يقوم فقط إذا ظهرت طرق جديدة للحديث عن العلم ، يبتكرها بعض من صمموا على اختراق الحواجز التى تجعل الأمر يبدو كما لو كان من الممكن عزل العلم عن السياسة . والحقيقة أن السياسة توجد على جانبى أى مانع للاتصال ، وأننا جميعا نُعتبر أشخاصا عاديين نحترم كل شىء إلا ذلك الركن الصغير الذى نتخصص فيه ، إننى أشجعك أيها القارىء أن تشترك فى مهمة خلق ثقافة عامة تهتم بالنظر فى الأولويات الاجتماعية وأمور الخبرة ، وأيا كانت طريقة تناولك لهذا الكتاب - لمجرد الاطلاع أو للتدريس - فلك أن تشعر بحريتك فى أن تتدخل فى متنه باسم التواصل .

إن المشروع الأكبر الذى يضم هذا الكتاب مشروع ذو نواحى متعددة ،

لقد أنشأ التليفزيون المركزى المستقل وحدة « لعلم فى المجتمع » للارتقاء بالوعى العام ، ولخلق الجدل ، ولتشجيع التدخل فى تقرير الأهداف فى كل مجالات الخبرة العالية ، وهذا الكتاب « صناعة الحياة » هو واحد من سلسلة كتب وحلقات تليفزيونية تسمى « البوتقة : العلم فى المجتمع » (برنامج شهرى بالقناة الرابعة) صُممت لكى نتمكن من نقد سلطة الخبراء - السلطة من خلال العلم - فى حياتنا ، والكتب المرافقة لهذا الكتاب هى : « العلم أم المجتمع ؟ : سياسة عمل العلماء » ، تأليف مايك هيلز . « خارج نطاق تحكمنا : ماذا فعلت التكنولوجيا بالنسبة للحمل ؟ » تأليف جل راكوسين ونك دافيدسون . « فى مواجهة الرعب النووى » تأليف جويل كوفيل . ومازال هناك عدد آخر من الكتب والأفلام المصاحبة سيلى هذه ، وهذه السلسلة من الأفلام التليفزيونية والكتب ترتبط ببرنامج مبادرات تعليم الكبار ، وبالفصول الخارجية والاجتماعات العامة ، وهو برنامج نأمل أن يدفع هذه الأمور بطرق حاسمة .

إن الهدف العام هو إعادة تقييم العلاقة بين العلم والمجتمع ، والعاملون بهذا المشروع يعتقدون أن الأمر فى حاجة إلى عقد جديد بين الخبراء وبقية المجتمع ، وقد شرعوا فى خلق الجدل حول بنود هذا العقد ، ما هى وكيف يجب أن تكون ، فإذا أردت أن تتصل بمجموعة الاتصال ، أو أن تُقيم دراسات أو أن تحصل على معلومات إضافية عن قضايا معينة فاكتب إلى :

Science or Society ?

P.O.Box 280, London N 7 9RX

ونحن نرحب كثيرا بأية اقتراحات لتطوير عمل الوحدة ، أو اقتراحات بطرق أخرى لوضع الخبرة داخل العملية الديمقراطية .

١ صناعة إسمها الحياة

لم أتصور يوما أننى سأشهد ـ فى حياتى ـ ثورة ، ولكنى أعتقد أننا نعيش الآن إحدى الثورات . لم يحتل أحد قصر ونتر بالاس ، ولم يقتحم أحد الباستيل ، ولم تتقوض مَلَكية ، فالنظم السياسية فى هذا العالم تظل ـ يالِلأسف ـ دون تغيير ، ولكن هناك على الجبهة الصناعية والعلمية تغيرات هامة تستجمع قواها ، هناك هجوم تكنولوجى يُعد له ، سيُبدِّل مجتمعات العالم المتحضر والعالم النامى ، مادته هى هندسة عمليات الحياة للأغراض التجارية : البيوتكنولوجيا .

مازالت الثورة فى أيامها الأولى ، مازال أمامنا الكثير الذى يجب أن نحارب لنحققه ، مازال علينا أن نسبر الأغوار الأعمق للاقتصاد ، مازال علينا أن نستكشف المجهول الحضارى ، ولكن هذه الثورة ستحدث ، وهى ـ على عكس بعض التحولات الاجتماعية التى ذكرناها لتونا والتى تُغتصب فيها السلطة من الأيدى المرتعشة للطبقة الحاكمة ـ هى ثورة ، يُخطط لها من داخل قاعات اللجان والوزارات ، إنها ثورة يقوم بها ويستفيد منها رأس مال الشركات ، إنها إعادة بناء صناعات وشركات وجامعات ومعامل لتدعيم النمط الحالى للانتاج . إن صناعة هذه الثورة تعنى إدارة وإجراء بحوث الهندسة الوراثية .

تنحدر البيوتكنولوجيا من سلف قديم ، إنها فى قِدم أول مشروب مخمَّر وأول كوب من الزبادى وأول قطعة جبن ، فمنذ آلاف السنين استخدم أناس من مختلف الحضارات هذه العمليات البيولوجية ، فى شكل منظَّم ، لصناعة الأغذية ، والصبغات ، والأدوية ، والوقود ، والمواد اللاصقة والورق والمخصبات . بل إن الكثير من هذه العمليات يقع فى موقع القلب من بعض الصناعات التقليدية مثل صناعة البيرة أو منتجات الألبان .

ابتدأت حركة التكنولوجيا العالية والبحوث المعملية المتقدمة فى غزو نسيج الحرف التقليدية والروتين المنزلى والخبرات الصناعية الراسخة ، ولم يعد الأمر مجرد رفع إنتاج الكائنات الدقيقة التقليدية مثل الفطر والخمائر إلى مستويات عالية جدا ، فقد أصبحنا الآن « نفصِّل » كائنات جديدة تقوم بمهام متباينة لم تخطر على بال ، فمن الممكن أن تقوم البكتيريا الآن بصناعة البروتين الآدمى ، وأن تفرز البلاستيك ، وأن تنتج مضادات التجمد ، وأن تهضم نشارة الخشب وتحولها إلى

بروتين يؤكل ، وأن تعيش على نفايات البترول ، وأن تحلل مبيدات الأعشاب مثل ٢ و ٤ و ٥ ـ ت ، وأن تستخلص المعادن من الركاز أو أن تجمّعها من مياه البحار ، وأن تحيل النفايات الآدمية إلى غذاء ، فإذا أضفت إلى كل هذا ما يمكن للخمائر أن تصنع (وهى تستطيع أساسا أن تصنع الكحول من مواد مختلفة غير معقولة) وما يستطيع العفن أن يصنع (وهو أكثر بكثير من مجرد تعريق جبن ستلتون بعروق زرقاء) وما تستطيع زراعة الخلايا النباتية والحيوانية والبشرية أن تصنع ، فسيكون بين يديك نتاج ثورة ! .

منذ سبعة أعوام أو ثمانية لا أكثر ، تحولت البيوتكنولوجيا من مجرد موضوع بحثى مخبوء يقوم به العلماء بالجامعات لتكون أساس حركة صناعية جديدة ، لتكون موجة من الاستثمار والتتجير والانتاج ، وغدا الكثير مما كان يُعتبر من خمس سنين خيالا علميا ، واقعا فعليا ، ولم يكن هذا مجرد تغيير فى التكنيك ، لقد كان طريقة جديدة للرؤية ، لقد أصبح من الممكن الآن أن نفكر فى أن نفصِّل ـ حسب الطلب ـ كائنات حية لتقوم بمهام صناعية محددة ، إننا نستطيع أن نتخطى حدود أنواع الكائنات الحية عن طريق تبادل الجينات بين الكائنات بعضها وبعض ، وتجميع وظائفها وتعشيق قدراتها ووصْل مجاميع خصائصها ، ويمكننا الآن أن ننظر إلى عالم الحياة كما لو كان صندوق ليجو عضويا كبيراً ، يغرى بإجراء التوافقات والتهجينات وإعادة التركيب باستمرار . إن الحياة تُشكَّل يدويا .

أما المشاركون ، ومعظمهم من العلماء ورجال الأعمال التنفيذيين ، فإنهم يرون فيما يحدث شيئا مثيرا ، غير متوقع ، طريفا ، بارعا ، مربحا . ولم يحدث حتى الآن إلا القليل جدا من الخسائر : حوادث إفلاس فردية صغيرة ، قضية أو قضيتان سويتا خارج المحاكم ، بعض الخشونة بسبب الممارسة الحادة وانتحال الحقوق ، ولكن لا شىء فاجعا ، فمعظم من يهمهم الأمر أناس محنكون ، والبعض منهم قد كوّن ثروات معقولة فى أسواق المال ، ومازال ينتظر الكثير .

ولكن الموجة الأولى من التفاؤل التكنولوجى قد مضت فعلا ، لقد تمت الجولة الأولى من الاستثمار ، وأنشئت سلسلة كاملة من الشركات الصغيرة ، غير أن الكثير منها يجد الآن صعوبة بالغة فى الاستمرار ، فالنجاح فى هذه المهنة لا يكفيه مجرد أفكار ذكية عما يجب أن نصنعه بالجينات ، إنه يحتاج أيضا استمرار التدفق المالى لحين ظهور المنتجات فى السوق . وهناك الآن فى الدوائر الأكاديمية والاقتصادية فترة توقف للتأمل ، يفكر فيها الكثيرون فيما إذا كان الأمر يستحق فعلا استثمار الوقت والمجهود والمال والمركز ، فى مشاريع كانت تبدو ـ منذ عام واحد فقط ـ مغرية . وأنا أريد بهذا الكتاب أن أستغل ـ لأقصى حد ـ الفرص التى

أتاحها هذا التغير فى المزاج ، وأن أثير التساؤل عن العلاقات بين طواعية الطبيعة للمعالجة ، ومعالجة المجتمع لها .

الثدى المهمل

لنأخذ على سبيل المثال لبن المرأة - ربما استطعتَ أن تتذكر مشهدا من فيلم « الأحد ، ذلك الأحد الدامى » ، لا أقصد المشهد الغرامى المثير بين بيترفينش وموراى هيد ، ولكنى أقصد ذلك المشهد الذى تظهر فيه جلندا جاكسون كجليسة أطفال عائلة متحررة - مع موراى هيد - فى عطلة نهاية الأسبوع ، وهى تسحب من الثلاجة زجاجة بها سائل أبيض ، وقبل أن تصب الزجاجة فوق الكورن فليكس المعد للإفطار يقول أحد الأطفال « إن هذا لبن والدتى » فتعيد جلندا لبن الثدى إلى الثلاجة . إننا نتوقع فى السنين القادمة أن نجد فوق الرفوف فى الأسواق لبنا آدميا ، لبنا لم نحصل عليه من السيدات ، وإنما من البكتيريا .

إن لبن ثدى المرأة مزيج غاية فى الرهافة من الدهون والبروتينات والببتيدات (البروتينات الصغيرة) والأجسام المضادة ، ولكل نوع من الحيوانات خلطته المميزة الخاصة ، ولكل من مكونات اللبن وظيفته ، البعض للتغذية ، والبعض لإكساب المناعة ضد الأمراض ، والبعض الآخر لمساعدة عملية الهضم عند الطفل ، ولكن الوظيفة التى تقوم بها بعض هذه المكونات مازالت حتى يومنا هذا مجرد تخمينات ، ومن المستبعد أن يتمكن أحد من الوصول إلى بديل يقترب من اللبن الآدمى (ليس فقط لأن تركيب اللبن يتغير أثناء الرضاعة) ، غير أن مصنعى بدائل اللبن الآدمى يحاولون بلا شك .

تمكن العلماء الآن من إنتاج بعض مكونات اللبن داخل البكتيريا عن طريق الهندسة الوراثية ، والفكرة - جزئيا - هى دراسة العوامل التى تتحكم فى تخليق مكونات اللبن . تساءلوا : كيف تسيطر الهرمونات المرتبطة بعملية الحلب على إنتاج اللبن ؟ ولكن مثل هذا النوع من العمل يهم أيضا الشركات - مثل شركة نسله ، التى تقوم بإنتاج بدائل الألبان ، وقد ثبت أن هذه البدائل تثير الجدل عند تسويقها فى دول العالم الثالث ، ولنا أن نتصور أنه من الممكن أن نستغل هذه المعرفة فى تصميم نوع جديد من اللبن المجفف - ربما كان أكثر إغراء - ، أما ماذا يعنى هذا اللبن الجديد - إذا حدث وأمكن إنتاجه - بالنسبة لتغذية الأطفال الرضع ، فإن علينا أن ننتظر لنرى ، إذ ربما كان هو « الأعظم » من بين كل المنتجات منذ ظهور شرائح الخبز الأبيض .

إن هذا مجرد مثال واحد لقدرة البيوتكنولوجيا على أن تأخذ مادة جسمية ،

كمكونات الدم أو العرق أو الدموع ، وأن تصنعها وبكميات هائلة داخل بكتيريا أُعيدت برْمَجتها ، ومن الممكن أن نأخذ لبن الانسان الاصطناعى كمثال تستطيع فيه البيوتكنولوجيا أن تغير مجموعة كاملة من العلاقات الرمزية والحضارية بين الناس وبين أجسامهم . إن أفكارنا عن الأجسام والأعضاء والغدد والأنسجة قد أصبحت غير ذات موضوع ، وهى تمضى فى سبيلها إلى الزوال ، ذلك لأن البكتيريا التى أعيدت برمجتها للعمل كمصانع كيماوية منتجة ، بطريقة أبعد من خيالنا ، تستطيع أن تؤدى عملها جميعا بشكل أفضل . أما كيف يحدث ذلك ، فستتحدث عنه فيما بعد . لقد أمكن حتى الآن أن نجعل الكائنات الدقيقة تعمل بهذه الطريقة لتصنع بضع عشرات قليلة فقط من الكيماويات ، أما من ناحية المبدأ ، فإنه من الممكن أن « ننمى » للتسويق ، وبكميات هائلة ، أىَّ جزىء يصنعه أىُّ كائن حى خلوى ، سواء أكان هذا الكائن حوتا أو نبات بيرثريوم أو إنسانا . إن مدى الممكن مذهل حقا .

من يحتاج النباتات ؟

لسبب أو لآخر لم أفكر فى هذا الموضوع إلا مؤخرا بينما كنت أقرأ مجلة تصدرها القابلات التقليديات ، إذ وجدت مقالة قصيرة تؤكد على أهمية أوراق نبات الفريز بالنسبة للنساء الحوامل ، فأوراق هذا النبات تحتوى على مادة تسمى فراجين ، تعمل كمقو للعضلات ولاسيما عضلات قاع الحوض . والمفروض أنها من الأعشاب التى يُشرب منقوعها المغلى ، وأنها كانت منتشرة يوما ، قبل أن تفقدها الذاكرة الحضارية للنساء اللاتى تعودن الولادة فى المستشفيات .

فجأة خطر ببالى أن مادة مثل الفراجين هذه تمثل المواد الواضحة المرشحة للتصنيع البيوتكنولوجى ، إن مادة الفراجين ، الآن ، تركز فى أوراق الفريز أثناء نموها ، وبناء جزيئات هذه المادة فى خلايا الأوراق هو إحدى العمليات التى تجعل الشجيرة شجيرة فريز ، أما من ناحية المبدأ ، فليس هناك ما يمنع من عزل الجهاز المسئول عن هذه العملية ونقله إلى البكتيريا ، وبهذه الوسيلة تصبح البكتيريا ـ وقد أُعيدت برمجتها ـ قادرة على أن تبدأ فى صناعة الفراجين . لقد أصبح الآن فى الإمكان تفكيك بعض النباتات إلى خلايا منفردة ، نشطة فى حالتها المنفردة هذه ، نقصد بعد أن تفرَّق إلى وحدات فردية بدلا من وجودها معا فى صورة نبات كامل . وبالرغم من أن هذا مثال افتراضى ، فإن النقطة الأساسية هى أنك تستطيع أن تصنع الفراجين فى كائن آخر غير شجيرة الفريز .

من الجائز ألَّا يكون من السهل الآن إنتاج الفراجين فى غير أوراق الفريز ، أو أن تكون كفاءة إنتاجه بهذه االطريقة ليست عالية جدا ، ومن الجائز ألَّا نجد

المال اللازم لتطوير هذه العملية ، ولكن ، أيا كانت القضايا العملية والاقتصادية والمزايا الطبية لصناعة الفراجين بغير نبات ، فإن الخسارة الرمزية ستكون حقيقية ، ذلك أن الشاى العشبى ـ الجرعة رخيصة الثمن من هذا الدواء التقليدى المتوارث ـ سيَحُول إلى مجرد حبة أخرى يصفها الطبيب .

قد تكون هناك مشاكل بالنسبة للأدوية التقليدية ، فقد يتباين حجم الجرعة منها ، وقد تشوبها الشوائب ، وقد يكون هناك من الظروف الطبية ما يمنع تعاطيها ، ولكنا نتحدث الآن عن تحويل مادة من مجال الثقة والعون المشترك ، إلى عالم الأدوية الحديثة الغريب عنا . إنهما ـ كيماويا ـ نفس الشىء حقا ، ولكن مغزى التناول سيتحول تماما .

تمدنا البيوتكنولوجيا إذن بهذا النوعٍ من القوة ، تمكننا من أن ننقب خلال المملكة النباتية وراء المواد النافعة لنصنعها داخل قوارير فطريات أو أحواض ميكروبات . ربما كان مثال الفراجين مثالا ساذجا ، لأن أهميته الاقتصادية هامشية للغاية ، فليس هناك من يكوّن ثروة من أوراق الفريز المجففة ، ولكن اقتصاديات الكينين أو الطباق أو الهروين شىء آخر .

إن هذه التكنولوجيا الحديثة تشكل كارثة بالنسبة للمزارع الهندى الذى يبيع قلف نبات السنكونا لتحويله إلى كينين ، أما بالنسبة للطباق ، فلقد صنعت بالفعل سجائر من خلايا نباتية استزرعت فى خابية . واقتصاديات تنمية التبغ دون نبات ليست منافسة ، ولكن ربما أمكن بمرور الوقت تحرير كل هذه الأراضى التى تشغلها شركات الطباق العملاقة لتستخدَم فى أغراض أخرى ، ونستطيع أيضا أن ننتج الأفيون من زراعة الخلايا النباتية ، بل لقد نال بعض منتجى هذا القطاع سمعة سيئة بسبب هذا . فهل هناك مشروع أكثر ربحا من استغلال أحدث أفرع التكنولوجيا فى إخفاء المصنع تحت ستار استخلاص زيت الزيتون ؟ .

إذا كان من الممكن أن ننتج كل هذا دون متاعب الحرث والبذر والرى والتسميد والحصاد وتصدير المنتج (وهناك من البحوث ما يشير إلى أن هذا ممكن) ، فلماذا إذن نضيع وقتنا مع النبات ؟ .

شرائح لحم من نشارة الخشب

هناك مشاكل تنشأ عن الكثير من العمليات الصناعية التى تشكل الحضارة الصناعية المدنية ، فصناعة الورق والغزل والغابات ، وصناعة السكر من قصب السكر ، وصناعة الحلوى ، وتربية الخنازير ، وغيرها مما لا يعد ولا يحصى من الصناعات ، كلها تخلف نفايات يصل حجمها أحيانا إلى مستوى عملاق . تحرق

هذا النفايات أحيانا ، وتُضخ أحيانا إلى نظام الصرف ، وأحيانا أخرى تُترك على الأرض ، وقد يُعاد استخدامها .

وتحت أيدينا الآن إمكانية تحويل بعض النفايات التى يفرزها مجتمعنا التكنولوجى إلى غذاء ، وتتلخص اللعبة فى استخدام هذه الفضلات فى تغذية البكتيريا التى تستطيع أن تحللها وتحولها إلى بروتين ، وعندئذ يمكن أن تجفف البكتيريا المحملة بالبروتين أو تطحن أو تشكل فى هيئة حبوب أو تُضرب لتتخذ أشكالا شهية ، ويمكنك تناول المادة الناتجة إن كنت ممن يحبونها ، لا شك أنك تستطيع أن تضيف إليها بعض التوابل ثم تحشو بها السجق ، ولن تجد من يحس بالفرق . لقد طور بروفسور مو ـ يونج ، الأستاذ بجامعة ووترلو بكندا ـ طريقة يمكن بها تحويل مخلفات الغابات ، والقلف ، ونشارة الخشب وشظايا الخشب والأشجار الصغيرة التى لا تستخدم فى أعمال النجارة ، إلى غذاء غنى بالبروتين .

ويبدو أن السؤال الكبير هو عما إذا كان الأمر يستحق كل هذا العناء . والشركات التجارية للأخشاب على وجه العموم لا يهمها ـ فى كثير أو قليل ـ هذا الدمار الذى تخلفه وراءها ، فهى تجتث الغابات بالجرارات والحاصدات ، وتستخرج منها الأخشاب التى تتاجر فيها ، لتخلف آلاف الأفدنة من الأنقاض خِلْط مُلطِ وبيئة انتُهكت حرمتها ، أما التفكير فى توقف عملية النهب حتى تقوم بترتيب ما تخلفه فإنه لا يعنى بالنسبة لها سوى النحت فى هوامش الربح ، وعلى هذا فلابد من تغيير اقتصاديات إعادة دورة الاستخدام إذا كان لبروتين مو ـ يونج أن يصل إلى الهامبورجر . ولكن التوقعات تبدو طيبة ، فقد باع حقوق الاختراع وابتدأت بعض الحكومات فى تصعيد العملية إلى المستويات الاقتصادية .

إن ما يعنيه هذا هو أنه إما أن يعزز الدافع لتصنيع الفضلات بهذه الوسيلة ، مثلا عن طريق الارتفاع الهائل فى ثمن اللحم ، أو بتحديد الحكومة للطريقة التى يجب أن تقطع بها الغابات بحيث يصبح ثمن مخالفتها كبيرا . ويرى مو ـ يونج أننا قد وصلنا تقريبا إلى هذه النقطة ، وبالرغم من أن مديرى شركات الأخشاب عادة ما يكونون متخلفين ، ممن يؤمنون إيمانا مشوشا بالاستثمار الحر ، إلا أن بعض الحكومات تستطيع بلا شك أن تلوى أذرعتهم : إن الأمل فى إنتاج الغذاء من المخلفات يعيد تأكيد ألا مبرر هناك لتحطيم الغابات .

وليست هذه هى المصدر الوحيد من النفايات الذى يمكننا استغلاله ، فالنفايات الآدمية تحتوى على ٤٠٪ من البروتين الذى يمكن استخدامه ، وبالرغم من ذلك فإننا نرميها . وهناك من يرى أن أى إجراء آخر غير طرح هذه المواد فى البحر بعد أن تحلل البكتيريا مكوناتها الكريهة الرائحة والضارة ، هو إجراء منفر .

والحقيقة أن مثل هذا الاختيار هو اختيار ترف أو تسامح ، إذ هل تستطيع الدول النامية أن تستمر فى إهدار هذا المصدر ، لأن لدينا نحن من الثروة ما يمكننا من إنتاج البروتينات بطرق مختلفة كلها ذات كفاءة منخفضة لحد كبير؟ .

تتوفر فى الدول النامية مواد أخرى تشكل جزءا من تراث الاستعمار ، إذ تتخلف عن زراعة وتصنيع قصب السكر ، والبن ، والبذور الزيتية ، نفايات تسبب مشاكل هائلة فى الوقت الحالى ، فتضيف إهانة البيئة إلى جراح الاستغلال الاقتصادى المستمر ، ومن الممكن أن تصبح هذه المواد مصدرا للثروة ، نعنى أنه من الممكن استخدامها فى تنمية غذاء من الميكروبات ، حتى ولو كان الربح الاقتصادى المباشر سيعود لأصحاب مزارع القصب والبن والبذور الزيتية .

هناك فى وقتنا الحالى أغذية بكتيرية وفطرية جديدة تنمىً على مواد لا عضوية ليست من النفايات . فلدى شركة آى . سى . آى طريقة تربى فيها بكتيريا خاصة على غذاء من النشادر والهواء ونوع من الكحولات يصنع من غاز بحر الشمال ، ثم تحول المزارع البكتيرية إلى طعام يسمى بروطين يستخدم فى تغذية الخنازير والماشية والدواجن كبديل لمسحوق الصويا ، ويفكر علماء هذه الشركة فى الحصول على براءة لهذه العملية حتى تتمكن مصانع الأغذية الصغيرة فى بريطانيا من تصنيع المخلفات المحلية . ومن الممكن أيضا أن تصدّر هذه التكنولوجيا للدول التى لديها الغاز الطبيعى كالمكسيك ودول الخليج العربية . ولدى شركة رانك هوفز ماكد وجال فطر خاص بها يمكن للانسان أن يأكله ، ولقد أكله بالفعل بعض المتطوعين فى مقصفات الشركة ويقولون إن له طعم عش الغراب .

تتطور البيوتكنولوجيا الآن نحو تحويل أنواع المخلفات والنفايات والفضلات والقاذورات والبقايا والمنتجات الثانوية إلى مواد غذاء أساسية ، يمكن أن يكون لها مستقبل عظيم إذا ما مزجت بمكسبات النكهة والملدنات ومكسبات القوام والمواد الحافظة والصبغات . من الممكن أن تقدم لنا البيوتكنولوجيا وجبة أسماك مصنعة خلف مصنع للورق ، أو شطيرة لحم من مزرعة لقصب السكر ، فإذا ما ظهر أن جسم البكتيريا غنى ببعض الأحماض الأمينية السامة التى لا تصلح للاستهلاك الآدمى المباشر (كما هو الحال بالنسبة لبروطين شركة آى . سى . آى) فمن الممكن دائما أن تقدم كعلائق للحيوانات التى تحولها بالتالى إلى لحوم ـ أفضل صور البروتين الحيوانى لإنسان الغرب . دعهم إذن يأكلون فطائر بكتيرية ، فربما أصبح العالم بذلك أنظف .

تحريك الجينات

كان معظم ما ذكرت من الأمثلة حتى الآن يتعلق بعملية التخليق الاصطناعى لمواد بيولوجية ، وهى عملية نُشطت وأعيد تنسيقها أو حتى ابتُكرت خصيصا عن طريق تحريك الجينات . إن فى إمكاننا أن نجد فى الطبيعة ميكروبات تستطيع أن تحلل بقع البترول المسكوب ، وميكروبات تعيش فى الحامض المغلى ، وأخرى تجمع اليورانيوم أو الكادميوم أو النحاس داخل أنسجتها الخلوية ، وغيرها تحلل مبيدات الأعشاب . إن مدى المهارات البكتيرية الموجودة بالفعل مذهل حقا .

ولكن جوهر البيوتكنولوجيا هو محاولة تحسين هذه القدرات عن طريق تجميع الخصائص من أنواع عديدة ، كثيرا ما تكون جد مختلفة . لقد عثرَت شركة آى . سى . آى على الكائن الدقيق الذى ينتج البروطين فى أرض ملعب ، ورأت أن تضيف إلى مادته الوراثية عن طريق زراعة جينات جديدة بها ، وتتضمن هذه الخدعة تحريك الجينات ، وذلك بأخذ بعض الصفات التى طُورت من زمان بعيد فى تاريخ أحد الكائنات الحية ثم زرعها فى كائن آخر ليوجَّه إلى تخصص جديد . وصناعة لبن الانسان فى الميكروبات هى نتيجة لتوليفة جذرية أبعد بكثير ، فليس للبكتيريا غدد لبنية ولا هى تفرز بروتينات اللبن ، ولكن فى إمكان العلماء أن يدفعوا البكتيريا لصناعة هذه البروتينات عن طريق إضافة التعليمات الوراثية اللازمة من خلايا الانسان .

أما أمثلتنا عن استخدام بيوتكنولوجيا الخلايا النباتية لإنتاج مواد كالكينين فقد تبدو وكأنها لا تتوافق مع هذا النموذج ، لأن مزارع خلايا السنكونا تستطيع إنتاج الكينين دون أية إضافات وراثية من خارجها ، فإذا ما أعطِيَت البيئة الملائمة فإنها ستقوم بمهمتها دون الحاجة لأن تكون جزءاً من نبات كامل ، غير أننا نستطيع أن نضيف جينات جديدة للخلايا النباتية فى حالة التشتت هذه ، كما نستطيع أيضا ـ بدلا من ذلك ـ أن نصهرها مع خلايا من أنواع أخرى ، وسينمو الهجين الناشىء عن هذا حقا فى شكل نبات كامل ، ومثل هذا التكنيك يسمح لك بإنتاج البطاطم (بطاطس ـ طماطم) ، بل وهناك بالفعل هجين بين خلايا النبات وخلايا الإنسان ، وهو ليس زهرة أقحوان حية تسير وتتكلم ، إنه نبات ، ويزيد على كونه نباتا أنه يصنع عددا من بروتينات الانسان ، والغرض من إنتاجه هو رفع قيمته الغذائية .

والقدرة على قص الجينات ولصقها بهذه الطريقة ، والقيام بهذه القفزات الهائلة عبر الملايين من سنى التطور والتباين ـ لكى نستطيع أن نفصِّل حسب

الطلب شكلا من أشكال الحياة - هذه القدرة حديثة جدا . لقد فرض مربو النبات والحيوان إرادتهم على الطبيعة على مدى بضعة آلاف من السنين ليخلقوا ما نعرفه اليوم من ماشية ودواجن وبطاطس وقمح وأذرة وأعناب وخوخ ، أما هذه التآلفات الجينية الأساسية الجديدة فعمرها لا يزيد على عشر سنوات ، بل إن عمر الكثير منها أقل من ذلك . وتعتمد البيوتكنولوجيا التى نعرفها اليوم على القدرة على عزل جزيئات الجينات ، ثم نقلها من خلية لأخرى ، ثم جعلها تتوافق داخل الجهاز الخلوى فى المكان الملائم لها تماما حتى يتمكن الجهاز من العمل لإنتاج جزىء جديد تماما . والقدرة على إجراء هذه العمليات هو نوع من المهارة ، له ثمن مرتفع فى أسواق العمل البيولوجى .

ولن نجد مجالا تتضح فيه قوة هذه المهارة أفضل من هذا التقدم السريع الذى يحدث فى الهندسة الوراثية للإنسان ، فمنذ خمس سنوات كان من المألوف أن يهمل البيولوجيون فكرة التعامل مع جينات الإنسان على أنها مجرد تفكير جامح غير مسئول ليس له ما يعضده ، فى أشياء ربما تحدث فى المستقبل البعيد ، ولكن ، لقد تمت بالفعل سنة ١٩٨٠ محاولة مثيرة للجدل غير ناجحة لاستخدام التطعيم الجينى لإصلاح عيب وراثى فى شخصين ، ومن الجائزجدا - قبل أن يُطبع هذا الكتاب - أن تجرى محاولات أخرى ، فهناك مجهود كبير يبذل لتحسين التكنيك ، وقد نجح الباحثون بجامعة أوهايو ومعمل جاكسون فى مين سنة ١٩٨١ فى دمج جينات الجلوبين من الأرانب (وهى جينات تتحكم فى إنتاج أحد مكونات كريات الدم فى الأرانب) فى بويضات مخصبة لفئران ، بحيث أمكن اكتشاف وجود جلوبين دم الأرانب فى دم بعض الفئران الناتجة ، كما وجد أن جين الأرانب قد انتقل إلى بعض الأفراد من الجيل التالى .

ربما بدا هذا شيئا مثيرا للضجر ، ولكن الواقع أنه من المذهل فنيا أن ننجح فى تحريك جين من نوع معين من الحيوانات إلى نوع آخر ، ثم نجد أنه ينتقل إلى الجيل التالى ، فأيا كان غرض الباحثين ، فإن هذا هو النوع من المهارات اللازمة لإجراء الهندسة الوراثية فى الانسان ، أو - بالتالى - فى الأبقار والخنازير والدجاج والخيل والغنم والأرانب ، فإذا ما لاحظنا أن التجارة الدولية فى الأجنة المجمدة للأبقار المنسَّبة ، التى يعاد غرسها فى أرحام أبقار أخرى ، تبلغ قيمتها الآن ملايين الدولارات ، فمن المرجح إذن أن تبدأ الهندسة الوراثية للحيوانات فى الانتاج قبل عملية إصلاح العيوب الوراثية فى الانسان .

يقدم علم الوراثة لنا الآن الفرصة لتحكم هائل فى الطبيعة ، كان علينا حتى وقت قريب أن نقنع بالعمليات البطيئة المجهدة لتربية النبات والحيوان ، وكلما طال مدى الجيل ازداد الوقت اللازم لظهور سلالات جديدة ، ولم يكن

التفكير بالطبع يتعدى العمل على تراكيب الأفراد من داخل النوع نفسه أو أبعد منه قليلا ، أما الآن فان باستطاعتنا أن نأخذ جين إنسان ونضعه فى بكتيريا ، وأن نخلط جينات الأرانب بجينات الفئران دون أن تحدث فوضى . إنها لدرجة مذهلة من البراعة ، إنه لشكل من السيطرة رهيب ذو تضمينات خطيرة .

إن قضية تحريك الجينات من كائن لآخر تجرى داخل هذا الكتاب ، وأنا أسهب وأكرر فيها محاولاً أن أوحد التحليل ، وأن أستنبط الملامح المشتركة فيما قد يبدو كمجالات من التجريب منفصلة ، وأن أبرز التغير - فى علاقتنا مع الطبيعة - الذى تتضمنه البيوتكنولوجيا ، وإذا ما عَرفتَ الممكن ، فستجد أن البيوتكنولوجيا هى تحول كامل ، هى تغير فى الإحساس يهزك ، حتى ولو أنكر ذلك بعض من يشتغلون بها .

الثورة التكنولوجية والقلقلة الاجتماعية

آمل أن تعطى هذه الأمثلة فكرة عن المدى والسرعة وقوة التحول فى بحوث البيوتكنولوجيا ، ولست أول من يتناول هذه الثورة بتوضيح حجم وجوهر ما يحدث فقد وصفها تقرير حكومى بريطانى حديث كما يلى :

> **لقد أصبحت المعالجة الوراثية اليدوية مسألة عملية وشائعة جدا . . . إن هذا التقدم فى الرؤية يضفى على البيوتكنولوجيا أهمية توازى أهمية الفيزيقا النووية والإلكترونيات والإلكترونيات الدقيقة (مؤخرا) . لقد قيل « إن البيولوجيا ستطلق صناعة تميز القرن الواحد والعشرين كما ميزت الصناعات القائمة على الفيزيقا والكيمياء القرن العشرين » .**

وحتى إذا ما سمحنا ببعض المبالغات وببعض الإنشاء الخطابى فى التحمس لترويج هذه الصناعات ، فالواضح أن هناك تطورات أساسية تجرى الآن فى الصناعة . فما الذى علينا أن نعده نفايات ؟ ما الذى علينا أن نعتبره طعاما ؟ ما هو تعريف النوع فى الكائنات الحية ؟ كيف يحدث التكاثر ؟ هل من الممكن الحصول على براءة امتياز كائنات حية وحيازتها ؟ كل هذه القضايا يعاد الآن تقييمها عند تمويل البيوتكنولوجيا .

ولكن ، إذا ما كانت مجموعة التكنولوجيات الناشئة ستولد تحولا فى الإنتاج يعادل ظهور الإنتاج المكثف فى القرن التاسع عشر مثلا ، فعلينا أن نتوقع قلقلة اجتماعية هائلة : تغيرات فى استخدام الأرض ، وفى موازين التجارة الدولية ، وفى الاحتكارات التكنولوجية والتبعية ، وفى قيمة المواد الخام . لقد جلب الإنتاج

المكثف معه تغيرات فى تركيب الطبقات ، وبطالة العمال المهرة ، وتزايد سرعة العمل ، وتبدل القيادة فى موقع الإنتاج ، وتغيرات أساسية فى نظم ونمط الاستهلاك ، لقد جلب معه الخسائر ، وكذا الأرباح للعمال والمستهلكين ، وسأحاول خلال هذا الكتاب أن أوضح ما يمكن أن تكون عليه الأرباح والخسائر عند تبنى البيوتكنولوجيا فى قطاعات صناعية مختلفة .

ليس هناك تنبؤات سهلة أو واضحة ، فإذا ما أعطيتك الانطباع أحيانا بالتناقض ، فان هذا إنما يرجع إلى أنه من الصعب أن تسُوق اعتبارات متناقضة لتصل منها إلى استنباط محدد . وعلى أى حال ، فإننى لا أحاول أن أرسم طريقا لهذا المنتج أو ذاك ، كما أننى بكل تأكيد لا أحاول أن أدين البيوتكنولوجيا جملة ، ولكننى أريد أن أعرض القضايا ، وأنقب تحت ما يصل إلى أسماعنا من ضجة إعلامية ، وأن أشير إلى الخيارات المضمَرة التى اتخذت بالفعل ، وأن أبرز التضمينات الاجتماعية للبيوتكنولوجيا للمناقشة الواسعة . إن مدى ما يجرى الآن فى مجالات الابتكار لهو من الضخامة بحيث يتطلب التفحص الدقيق لكل هذا الجنس من التكنولوجيا المسمى « البيوتكنولوجيا » ، أعنى هذه « العائلة » من الطرق الحديثة لصناعة الأشياء . إنها تحتاج إلى المراجعة الاجتماعية قبل التنفيذ ، إلى « تقييم تكنولوجى » يتم وفق فروض اقتصادية وسياسية معينة ، وتقييم شعبى للخسائر والأرباح المحتملة ، نقاش مطلع له من القوة ما يرغم على تبديل الاستراتيجية إذا ما ارتأى ذلك . والثورات على أى حال تغير من اتجاهها أحيانا ، وهى تكبو وتتعثر ، وهى قد تُختطف ، كما قد تضل طريقها بشكل مزعج ، وهى أحيانا قد توجَّه إلى قنوات أكثر تحررا .

« جدول الأعمال » البيوتكنولوجى

ليس هناك شىء مؤكد فى مرحلتنا الراهنة هذه ، برغم وضوح الملامح العامة للتغير ، ولقد وجدت من المفيد أن نفكر فى البيوتكنولوجيا فى شكل جدول أعمال ، والحق أن هذه الفكرة قد ساعدت فى تنظيم هذا الكتاب ، وسأتحرك من الأشياء التى تتم الآن إلى تلك التى نتوقع حدوثها فى المستقبل .

ابتدأت صناعة الدواء بالفعل فى تسويق منتجات الهندسة الوراثية ، لقد ثبت أن الأدوية « العلاجية » التكنولوجية المعاصرة ، تمثل مجالا عظيم الربح لشركات الأدوية ، والكثير من هذه الشركات قد وصل إلى ثرائه الحالى فى فترة ما بعد الحرب ، ومشكلة هذه الشركات الآن هى إيجاد منتجات جديدة يمكن أن تباع بكميات كبيرة ، وبهامش ربح كبير ، حتى تسترد التكاليف الهائلة للتطوير والترويج .

وأحد التدابير الممكنة يكون باختيار بعض المواد الطبية التى تستخلص من الأعضاء البشرية أو الحيوانية بتكاليف عالية ، كالإنسولين المستخدم فى علاج مرض السكر أو الإنترفيرون المستخدم فى بحوث السرطان ، ثم إنتاجها بشكل أرخص داخل البكتيريا . كما يمكن أيضا استخدام الهندسة الوراثية فى زيادة محصول المضادات الحيوية من الفطر الذى ينتجها ، ونستطيع كذلك أن نستعرض العقاقير العشبية التقليدية بحثا عن منتجات طبيعية جديدة لم تستغل بعد ، وهناك أيضا إمكانية التركيز على المستحضرات البيطرية التى تُستهلك بكميات هائلة ومستمرة ، لأن « المرضى » عادة ما يذبحون ، والحق أن أول مستحضر يسوّق كان لقاحا يفترض أنه يمنع إسهال الخنازير .

اللعبة على العموم هى أن نحتضن الطلب على العقاقير الجديدة ، وأن نركز على المنتجات عالية الثمن حيث نستطيع تضييق مجال المنافسة ، حتى يمكن أن نسترد تكاليف التطوير الباهظة ، والهندسة الوراثية هى مفتاح الاستمرار فى هذا النوع من الأعمال ، وقد أدركت شركات الأدوية هذا فى أوائل السبعينات ، أى قبل أن يتمكن العلماء - بسنين - من معرفة ما يمكنهم عمله لشركات الأدوية الضخمة ، إن قِصر النظر يعتبر عيبا خطيرا بالنسبة للشركات متعددة الجنسية ، ولقد بدأت نتائج هذا التخطيط المبكر فى الظهور فى الأسواق الآن ، مؤكدةً أن الصحة يمكن أن تباع كسلعة .

ولقد ابتدأت التطورات الحديثة بالصناعات الزراعية فى الظهور أيضا ، ولقد ذكرت بالفعل بروطين الكائنات الدقيقة الذى تنتجه شركتا آى . سى . آى ورانك هوفس ماكدوجال ، كما أن شركة هوكست الألمانية للكيماويات قد دخلت هى الأخرى فى هذا المضمار ، كما دخلته أيضا شركة البترول البريطانية (ب ب) ، وإن كانت قد أبعدت عنه ، وهذه جميعا مشاريع رائدة تخدم إنتاج اللحوم - تلك الأغذية عالية القيمة عظيمة الأهمية ذات العائد المرتفع - أو تحاول إنتاج البديل لها . وهناك تطورات أخرى أقل وضوحا فى هذا المجال وهى إنتاج محلّيات جديدة ، مثل شراب الأذرة ذى المحتوى العالى من الفركتوز ، ولهذا المنتج أهميته الهائلة فى الولايات المتحدة حتى لقد قيل إنه السبيل لمحاربة كوبا عن طريق خفض الطلب العالمى على السكر ، وتشمل هذه المنتجات أيضا الأسبرتيم ، وهو مادة محلية جديدة أنتجتها شركة ج . د . سيرل . ولشركة تيت ولايل أيضا مشروعها الخاص الذى تنتج فيه - فى البكتيريا - محلّيا يسمى تالين . وفى كل هذا سنلحظ الاتجاه لاستغلال رأس المال فى المشاريع الكيماوية بدلا من استغلاله فى الأرض والعمل الزراعى .

أما فى الزراعة ، حيث ترتبط التطورات بوضوح بما يحدث فى الصناعات

الغذائية (كما سيحدثك أى مزارع بسلة فى مقاطعة إيست أنجليا) فإن التغيرات الأساسية تقع أبعد قليلا فى المستقبل ، فمعظم المجهود يبذل فى إنتاج نباتات محاصيل من أجل الزراعة المميكَنة ذات التكنولوجيا العالية والطاقة المكثفة ، ويعتمد إنتاج الهجن الجديدة ـ مثل التريتيكل ، وهو هجين بين القمح والجويدار ، على العلم الرفيع ، وتربى الآن أنواع من الأقماح يمكن أن تنمو فى التربة المالحة ، وهناك هدف بعيد لإنتاج محاصيل حبوب يمكنها أن تثبِّت نيتروجين الجو ، وبذا نتخلص من الحاجة للأسمدة الاصطناعية المكلفة ، وفى مواجهة هذا ، تقوم شركات الكيماويات التى تصنع هذه الأسمدة بتطوير منتجات بكتيرية تقوم بنفس هذا العمل ، أو بالتخطيط لبيع بذور هذه النباتات العجيبة الجديدة عند ظهورها . والحقيقة أنه من الممكن أن تستخدَم الهندسة الوراثية أيضا فى رفع إنتاج اللحم واللبن من الماشية ، ولأن الأبقار ـ حتى الممتاز منها ـ تَرُوث ، فمن المحتمل أن يصبح إنتاج الميثان فى المزرعة من روْث البهائم أكثر شيوعا ، وأن توجد أنواع جديدة من الميكروبات تنتج الغاز .

وفى الصناعات الكيماوية ، يمكننا أن نلحظ بوضوح ملامح أزمة ، تتعلق بالتكاليف المرتبطة بصناعة البترول وتدهور التجارة الدولية ، وستتضح أهمية البيوتكنولوجيا ـ على ا لمدى البعيد ـ بالنسبة للشركات التى لن تندثر ، وهذا هو أحد الأسباب التى دعت شركات الكيماويات بالذات إلى الاستثمار بشكل مكثف فى ا لبحوث الجامعية بغرض الحصول على عائد خلال بضع سنين .

يتعلق الكثير من التعاقدات التى تبرم مع الأقسام الجامعية بالمنتجات الطبية ، وهذه تمثل سبيلا ممكنا للتنويع ، وهناك خيار آخر مفتوح أمام هذه المشاريع على المدى البعيد ، وهو استخدام إحدى مواد البدء ، كمادة أولية تحتوى على الكربون والهيدروجين فى تراكيب بسيطة ، وتحويلها إلى شىء جديد ، ولقد كانت هذه هى استراتيجية شركة آى . سى . آى فى انتاج البروطين ، ويمكن أيضا محاولة إنتاج بدائل لبعض المنتجات الحالية كالأسمدة والمنسوجات ، ولدى شركة آى . سى . آى بكتيريا معينة تنتج وبوفرة نوعا من الكيماويات يمكن غزله إلى ألياف ، وهم يفكرون حاليا فى محاولة استخدامه كخيوط للجراحة ، وإذا ما ركزوا العمل فربما تمكنوا بعد فترة من تحويله إلى قميص معقول يُلبس . أما الشىء الأكثر أصالة فهو محاولة خلق مواد أولية رخيصة ، تطوَّر إلى عائلات من الكيماويات كاملة تحل محل البترول الذى أصبح عزيزا وأعلى سعرا ، أما فى الوقت الحالى ، فليس هناك ما يبدو واعدا بالنسبة لأى من الصناعات التى تنشأ على جزيئات هيدروكربونية رخيصة وبسيطة تحول بالتدريج إلى الآلاف من المنتجات الكيماوية المعقدة .

تخطيط مستقبل جديد فى الطبيعة

هناك قدر هائل من الأموال يراهن على نتائج البحوث الجارية الآن ، وهذا يعنى أن المستثمرين لابد أن يكونوا قد عقدوا النية تماما على ألا ينحرف مسار خططهم فى إنتاج المستحضرات الطبية الجديدة ، والنباتات الجديدة للزراعة ، والمصادر الجديدة لدفع صناعة الكيماويات .

ولكن ، ليس هناك ما لا يمكن تجنبه ، ووجهة النظر التى يعتنقها الكثيرون هى أن التغير التكنولوجى سيظل مندفعا بلا رحمة إلا إذا تدخل محطمو الآلات (اللادايت) ليعطلوا مسيرته ، غير أننى أعتقد أنه من الضرورى أن نحلم بالتكنولوجيات والأنساق والمنتجات الجديدة ، وأن نناقشها ، وأن نعركها ، وأن نأملها ، وأن نراوضها ، وأن نتداول فى أمرها حتى تظهر إلى الوجود . إنها تبزغ من خلال حلقات لا تنتهى من ا لتخمين والتجريب والموالاة والتقييم والتشجيع ، إنها تنبثق عن تتابعات من أنشطة تتعرض فيها صيغتها بل وحتى وجودها للخطر فى مراحل كثيرة ، وليس هناك طريقة أبدية لإنتاج الابتكارات للسوق ، إنها تُعرف فقط عندما تظهر وتبقى .

فإذا كانت وجهة النظر هذه صحيحة ، فإن مدى الثورة التكنولوجية وسرعتها وأثرها الاجتماعى لابد أن تُعرَض جميعا للتداول ، فلابد أن يكون هناك مسالك بديلة يمكن من خلالها استغلال الامكانات العلمية الحالية ، داخل أطر أخرى . ولا يمكن أن تحقق هذه البدائل حتى يتمكن العدد الكافى من الناس من تفهم قيمتها والمحاربة من أجلها . لقد وُضع هذا الكتاب لخدمة هذه الفكرة ، ليكسر البيانات المُعْمِية التى تروِّج لكل شىء على أنه التقدم ، وليساعدنا على تصور مستقبل بديل .

وهناك أيضا مدرسة فكرية تقول إن البيوتكنولوجيا ليست شيئا جديدا ، ولا داعى إذن لكل هذا الحماس ، وهم يقولون إنها لا تشكل تغيرا كبيرا فى الانتاج الصناعى ، ولا هى قفزة هائلة إلى نمط جديد من الصناعة ، إنها فى قِدم التخمر الكحولى أو صناعة الجبن أو الخبز أو عمل السباخ البلدى ، إنها مجموعة من الحرف ، قدَّسناها بالعرف ، اتسعت فى القرون الأخيرة لتصبح مجموعة من الصناعات . والبيوتكنولوجيا ، من هذه الوجهة ، تتأصل فى المهارات المنزلية والذاكرة الشعبية ، وهى مألوفة كأساس لصناعات راسخة ، ويمارسها بالفعل هيئة من التكنولوجيين والعلماء التطبيقيين الموثوق بهم ، المدربين ، الطيبين ، الواقعيين ، الذين ينتجون حاجات المعيشة ولوازمها لمستهلكين قانعين . إن حقيقة أن الخل أُنتج ويُنتَج من قرون بعيدة لكفيلة بأن تساعدنا على النوم قريرى

الأعـين فى أسرّتنا ، أما الحديث المثير عن الهندسة الوراثية والنسخ الخضرى ، وتسجيل براءات اختراع الكائنات الحية ، والأوبئة السرطانية والتدخل فى عملية التطور فليست سوى زَبَد أثاره القادمون الجدد : مجموعة من الوراثيين لديهم أفكار متطرفـة عن أهميتهم بالنسبة للصناعة ، ورجال صحافة يربكون جمهورا طيب النية . وطبيعى ألاّ يعبأ بالزبَد أى بيوتكنولوجى كفء .

ولكن هناك شيئا فى وجهة النظر هذه . إن التخمر فن قديم تطور منذ زمن طويل إلى مستوى الصناعة ، وقد نُحى المتخصصون التقليديون جانبا ، ليغتصب مكانهم علماء من مجالات علمية أكاديمية عالية ، علماء قد لا تكون مهاراتهم من العمق والقوة بحيث تسمح لهم بعلاج حاجات الانتاج الصناعى ، أما ما يميز البيوتكنولوجيا المعاصرة هذا التميز الواضح فهو المدى المنتظر للتغير ، هذا الاتساع الشامل للتحول نحو العمليات البيولوجية ، والاعتماد الكامل تقريبا ، على الوراثة التطبيقية فى خلق التطورات الجديدة .

إن القـدرة على تحريك الجينـات بين الكائنات الحية . وعلى إعادة برمجة الكـائن الحى بتعليمات وراثية مأخوذة من كائن آخر ، هى موضوع محورى لما يحدث الآن من تجميع للقوى الصناعية ، وسنعود لهذه الفكرة مرات ومرات خلال هذا الكتاب : فكرة أن النقل الموجَّه للبيانات الوراثية إلى كائن مُضِيف ، سواء أكـان هذا الكائن بكتيريا أو خميرة أو نباتاً أو حيواناً ثديياً ، هو الذى يثوِّر الانتاج الصناعى ، وأن التحول لن يتم فى الصناعة وحدها ، وإنما ستحدث أيضا ثورة ثقافية ، وتحول فى التقاليد والاتجاهات . إن إعادة تشكيل القاعدة الصناعية ، تلك العملية التى تحفزها البيوتكنولوجيا ، ستغير حتى معنى كلمة « الحياة » . إن الـوراثة الجزيئية تعيد الآن صياغة حدود وفروع وأصول وآماد وإمكانات الحالة الحية . إن البيوتكنـولـوجيا هى تغـير أساسى ـ نحو المقياس الصناعى ـ لنظرة جديدة ، تُعتبر الطبيعة فيها مادة تخضع للبرمجة .

يشكـل كل عصر نمـطه الخـاص للعـالم الحِى ، يبنيه من النـظريات والتصـورات الاجتـماعية والسياسية فى زمنـه ، التى تبرز أو تؤكد نواحى معينة لتفهمها ، وفى القرن الثامن عشر ، عصر تقسيم النبات والحيوان ، كان التأكيد على التناسق والترتيب الجهازى ، كانت الطبيعة كتالوج أنماط عضوية ، كلّ له مكانه فى سلسلة الوجود التى تصل بين المادة غير الحِية وبين الله . وكانت مهمة العـالِم وهو يتصدى لهذا النظام المهيب هى أن يصنف عناصره ، وأن يتفحص العلاقات التى تربط بينها ، وأن يكشف عن العمل المتناسق بين البعض منها ، ثم تحولت الصورة فى القرن التاسع عشر بفكرة التطور الديناميكى التطورى ،

الـذى يرتكـز على المنـافسـة والصراع ، وأصبحت « الـطبيعـة المخضبـة الناب والمخلب » هى صورة العصر الجديد من التصنيع السريع والممارسات الصناعية العدوانية ، والصراعات المتعاظمة بين رأس المال والعمل ، وغدت الكائنات الحية تعـالَج فى ضوء جديد ، لم تعـد فيه نواتـج تصميم مسبق ، وإنما نواتج آلاف الصراعات مع أنواع أخرى ، يتغلب فيها الأكثر ملاءمة على منافسيه فى نهاية الأمر .

أما الصورة السائدة للطبيعة فى النصف الثانى من القرن العشرين ، وقد قُتِّم لونها بسبب أفكار علم الوراثة ، فقد بانت أقل وقارا من صورتها فى القرن الثامن عشر ، وأقل تأكيدا على الصراع والتنافس مما كانت عليه فى القرن التاسع عشر ، لقـد أصبحت الـطبيعـة نظام نُظُم ، فالكائنات الحية تؤدى وظائفها ، وتتناسل وتتطور كنظم تحكمها جيناتها و« يديرها » البرنامج الموجود فيما تحتويه من د ن ا ، إن الحياة هى معـالجـة البيانـات . إن نفس الأفكـار المستقاة من علم الكمبيوتـر والشفـرة وهنـدسـة البرامج والتحكم تتوافق مع نظام التحذير المبكر للصواريخ عابرة القارات ، ومع نماذج النشاط فى كثيب النمل ، ومع استخدام آلات الضبط الرقمى ، ومع التحكم فى ضغط الدم ، ومع الطريقة التى تصنع بها الخلايا جزيئات البروتين .

إننا الآن فى مرحلة نتحول فيها من اعتبار الكائنات الحية مجرد نظم مبرمجة إلى النشاط لإعادة برمجتها ، إذ يستطيع العلماء الآن التدخل فى الطبيعة يصنعون منهـا حسب الطلب ، تماما كما يقرر مصمم الرقائق الدقيقة ما يريد إنتاجه من قطعة من السليكون ، وكما يختار مهندس الكمبيوتر مجموعة من النماذج يبنى منها نظامـاً لإعـداد البيـانـات ، والـتـشبيه ليس بسيطا ، فبتقـدم التصنيع فى الميكـروبيولـوجيا ، لتحُول إلى البيوتكنولوجى ، سيحتل هذا النوع من النشاط التركيبى مركز الصدارة فى علوم الحياة ، هذا النشاط الذى أظهر بالفعل قدرته الهائلة فى مجال الإلكترونيات الدقيقة والكمبيوتر والانسان الآلى وهندسة النظم . وكما نعرف فى مجال ماديات التكنولوجيا ، ستدهشنا أيضا الاحتمالات الممكنة إذا ابتدأنا فى عمل توافيق النماذج والوظائف .

وعلى هذا فإن صورة الطبيعة بالنسبة لنا تقترب الآن بالتدريج نحو تأكيد التـدخل البشرى من خلال عملية تصميم . ورويدا رويدا سيمكننا أن نصنع ـ حسب مواصفـات مسبقـة ـ الجينـات ، والكائنات ، والمسالك البيوكيماوية ، والمفـاعـلات الحيوية ، والعمليات الحيوية . لقـد غدا جوهـر الحياة الآن هو طواعيتها لأن تركَّب .

إننا نعيش الآن مرحلة رائعة محورية فى تاريخ التكنولوجيا والانتاج وعلوم الحياة ، تفتح فيها منافذ لقوى هائلة للتدخل فى علم الحياة ، وعلينا ألا نكون حساسين فلا يخيفنا ولا يثيرنا ما يحدث ، فثورات العلوم لا تحدث كثيرا ، وحتى عندما تحدث فمن النادر أن تهز الوجدان العام ، أو أن تعطى ربحا تكنولوجيا مباشرا ، أو أن تسبب موجات رائدة من الجدل القانونى والسياسى والأخلاقى والاقتصادى .

ولقد حدثت كل هذه الأشياء مجتمعة مع البيوتكنولوجيا ، وليس الأمر مجرد تحولات رئيسية فى الفكر ستجد طريقها يوما لتكتب فى كتب المراجع ، وإنما هناك أمل عظيم فى تحول صناعى هائل ، وهناك قضايا قانونية وتاريخية مختلفة قد تبوأت موقعا رئيسيا ، وهناك ضرورة أن تناقش وأن تحل بعض المواضيع السياسية المعقدة التى تتعلق بمسئولية العلماء نحو المجتمع .

وقبل أن نصل إلى ما يحدث الآن فى المجالات المختلفة من البيوتكنولوجيا ، فاننى أود أولا أن أقترح طريقة للتفكير فيما يحدث الآن ، ثم أعطى مقدمة سريعة عن بعض الآراء عن البيولوجيا للتعريف بالمعجم التقنى للكتاب . وستشغل هذه القضايا الفصلين التاليين .

٢ كيف اكتسبت الحياة معنى جديدا

يبتـدىء الفنانون أحيانا بتلوين المناطق الأساسية فى اللوحة لمجرد معرفة درجة التوافق بينها فى الشكل النهائى للصورة ، وسأقوم هنا بشىء شبيه بهذا ، والغرض الذى أبغى الوصول إليه هو التوافق بين المسائل الثلاث التى سأعرضها فى هذا الفصل ، ذلك أن المهم هو التفاعل بين هذه المواضيع والترابط المتبادل بينها ، وكل من هذه المسائل يمكن أن يوضع فى جملة واحدة . لقد تسببت وجهة نظر معينة بالنسبة للطبيعة فى ظهور صفوة من العلماء قامت فى أواخر السبعينات بإجراء تجربة قصيرة وإن كانت خطيرة ، لإشراك الجمهور فى العلم ، فنادت بأن تتوقف الأبحاث مؤقتا ـ بالرغم من كل ما تبشر به من نجاح ، وأن نفكر جهرا بصوت عال فيها إذا كان الاستمرار مأمون العواقب ، وعندما أصبح حجم الربح عن هذا المجال الجديد فى بحوث التطعيم الجينى واضحا ، وبدت الانفعالات التى يحركهـا الجدل العام مزعجة قوية ، أنهيت تجربة التشاور ، وألقى العلماء المعنيون بكل قواهم لتأسيس صناعة جديدة تقوم على البيوتكنولوجيا ، دعنا نكرر هذا مرة أخرى : إن البراعة التقنية ، التى تطورت على مدى العقود من سنى التمويل الاختيارى لتحوير علوم الحياة ، قد فتحت أمامنا جبهة جديدة ، وعلى عتبتهـا توقف بعض المهتمـين للتـأمـل فيها سيحدث ، وهم يشعرون بأنهم لن يستـطيعـوا كبح جماح أنفسهم طويلا ، وبعد لحظة التردد هذه ، تدفقت موجة للاستثمار فى البيوتكنولوجيا ، تحمل معها ـ بالفعل ـ كل العلماء ، ليجدوا أنفسهم وقد غمرتهم ثورة صناعية ، يتخذون فيها دور التقنيين مرتفعى الأجر ، يجتذبون باستمـرار مهـارات متـزايدة ، ويتناقص لديهم بالتدريج كل اتجاه للتساؤل عما ستكـون نتيجة كل هذا ، وكان الخاسر فى هذا الجو الجديد هو المشاركة العامة والمسئولية العلمية . ومـرت اسـتراحة قصيرة عاد بعدها العلماء ورجال الأعمال يسيطرون على الموقف تماما ويؤكدون لنا أننا بين أيد طيبة .

نظـرة الميكانو للطبيعة :

بين أكوام مذكراتى أيام التلمذة وجدت ديباجة فى مقرر عن بيولوجيا الخلية تقول شيئا كالآتى : « إن الكائنات الحية ماكينات تركب نفسها بنفسها ، وتقيم نفسها بنفسها ، وتكاثر نفسها بنفسها ، وتعمل على درجة حرارة الغرفة وضغطها الجوى » . لم أناقض صحة هذه الجملة فى ذلك الوقت ، ولا أنا أناقضها الآن .

إنها طريقة فى التفكير فى الكائنات الحية ، دقيقة ومثمرة . إنها تتضمن موقفا من التنظيم والعمل البيولوجى تمكّن العلماء عن طريقه من تحليل عمل الخلايا حتى أدق التفاصيل ، ومن التركيز ـ عامدين ـ على عمليات معينة ، مثل الوراثة ، ثبت أنها تقبل هذه الطريقة من التفكير ، ولكننى أذكر أننى توقفت طويلا أمام البرودة الغريبة لهذه الأسطر ، إذ بدا لى أن هذه النظرة الميكانيكية لن تؤدى إلا إلى أكوام من البيانات عن بعض ملامح الماكينة الخلوية ، نصل إليها عن طريق تكسيرها إلى مكوناتها الجزيئية ، لنعرف ماهيتها ، وكيف تتوافق مع بعضها البعض ، دون الاحساس الكافى بدقة ورهافة الكل .

وهذا التبسيط الأساسى العملى الذى يقول « دعنا نعامل أى كائن حى كما لو كان نوعا معقدا من الماكينات » ، هذا التبسيط قد أثرى كثيرا خلال الخمس والثلاثين سنة الأخيرة بسبب فكرة « المعلومات » . لقد كان الادراك بإمكان معالجة الكائنات الحية كماكينات لإعداد البيانات هو الادراك الحاسم المنشط فى علم الحياة منذ الحرب العالمية الثانية ، وكان هو مفتاح قوته وحيويته ، فالكائنات تبتدىء كحُزمة من المعلومات ، وهى تنظم نفسها عن طريق عملية من التجميع الذاتى المبرمَج ، وتتفاعل مع بيئتها بطريقة محكمة تبعا لتعليمات وراثية ، وهى تتكاثر بتركيز تركيبها وتماسكها الوظيفى فى شكل قابل للانتقال ـ شكل ينقل رسالة تحتوى على التعليمات فى شكل شفرة تستطيع الكائنات « قراءتها » . إن التفكير فى الحياة من داخل هذا المعجم قد أصبح شيئا أساسيا بالنسبة لعلم البيولوجى .

يشكل هيكل التصور هذا قدرا كبيرا من البحوث ، وإن لم يكن كل شىء . إنه يقترح ـ من بين ما يقترح ـ سلسلة هائلة متداخلة من المشاريع البحثية الصغيرة التى تحتاج للمعالجة ، كلها تتعلق بدور جزيئات معينة فى نظام معين للبيانات ، وكثيرا ما تضيع دهشتنا من رهافة وتعقيد الكائنات عند تحليل بعض التفاصيل التركيبية الدقيقة بها ، مثل كيفية تكوين جزىء معين فى شكل خيط من الوحدات الكيماوية . ويبدو أن اهتمام البيولوجيين قد اتجه نحو تجارب غرضها دفع جزيئات معينة إلى أن تفصح عن نفسها .

والتفريد الكهربى تكنيك شائع ، تُجبَر فيه شظايا غاية فى الدقة من مادة من أصل حى ، على أن تتسابق داخل جيلاتين ، فتترتب حسب الحجم . ما هو حجم الشظية ؟ ما شِحنتها ؟ هل من الممكن تقسيمها ؟ كم نحتاج من البياناتِ لتركيبها ؟ كيف تتوافق مع غيرها من الجزيئات ؟ إن مثل هذه الأسئلة هى سلعةُ مجالٍ من مجالات علوم الحياة يسمى البيولوجيا الجزيئية .

إِن الاهتمام الأساسى فى البيولوجيا الجزيئية هو تحليل كيف يوجه الجين

الأجهزة الحية ، والحياة بالنسبة لعلماء البيولوجيا الجزيئية هى ما تفعله الجينات ، فالجينات بالنسبة لهم هى مفتاح الحياة ، ولا نحتاج غيرها لحل المشاكل الرئيسية فى علم الحياة ، لقد تحولت البيولوجيا فى أيديهم إلى سهل منبسط ، النشاط الأوحد فيه هو تجهيز ونقل البيانات الوراثية .

صحيح أن هذا التحرك الذهنى لا يستسيغه الجميع ، إلا أنه قد أثبت فعاليته المذهلة علميا ، إنه هيكل تحليلى يتوافق جيدا مع الاقتصاد الداخلى للعلم أيضا ، حيث يمكن مبادلة الحقائق بالوضع الوظيفى والموارد .

سنجدها إذن بيولوجيا عجيبة غير بيولوجية ، إنها علم يستمد قوته من نظرة للحياة تجريدية جافة ، فالكائنات هى مجرد نظم ، ويمكن دراستها كنظم ترد فى نهاية الأمر إلى نوع خاص من المنطق ، أما دراسة العمل والشكل فتقبل تحليل التركيب والنظام الخطى . إنها نظرة للكائنات الحية بعيدة عن الخبرة اليومية ، بعيدة عن التذوق الجمالى للشكل أو الرقة أو الرهافة التشريحية ، وهى بعيدة أيضا عن فهم الطبيعيين لأسلوب الحياة والموطن . إنها بيولوجيا بنيت على تجريدات أساسية مثل فكرة الشفرة الكونية ، فكرة المعلومات ، وهى الشبيه لبرنامج يسيطر على النشاط الخلوى .

قال أحد علماء الكيمياء الحيوية بعد أن أفزعه ما يبديه علماء البيولوجيا الجزيئية من قلة احترام لتلك الكيانات التى يسلخونها ويحيلونها إلى أنقاض (وبالمناسبة ، هذا ما يفعله أيضا علماء الكيمياء الحيوية) قال إنهم « يفضحون الطبيعة » . إن هذا القول يعبر عن ضراوة هذا العمل ، وعن التهور للحفاظ على مستوى إنتاج الحقائق وعلى ساعات العمل الطويلة مع الأجهزة العاتية ، وعن الاهتمام القاصر بالأثر العام على الطبيعة الريفية ، ولكنه يتغاضى عن حقيقة أن العمل التدميرى التحليلى ، أحيانا ما يؤدى إلى إدراكٍ موحد ذى جمال باهر ، وهذا بوضوح ـ كما سأبين ـ هو ما تفعله البيولوجيا الجزيئية ، لا ولا هو يشير إلى فكرة المعلومات ، ولا إلى حقيقة أن علماء البيولوجيا الجزيئية منشغلون الآن فى التخليق والتركيب ، لصناعة كائنات حية جديدة .

إننى أفضل أن أعتبر البيولوجيا الجزيئية نظرةً تُعتبر فيها الطبيعة كميكانو . لقد استطاع علماء البيولوجيا الجزيئية ، باستخدام عُدة تخيل بسيطة ، وعدد محدود عن المواد أن يمثلوا الطبيعة الحية بسلسلة من الأنماط الميكانيكية المتزايدة التعقيد ، لقد قضوا سنين طويلة حتى يتمكنوا من تخيل الأجزاء التى تكون عُدة ميكانو الطبيعية وكيفية توافقها ، وقام البعض ممن لديهم اتجاهات نظرية بفحص قواعد التركيب نفسها : قواعد التنظيم والهندسة المبنية داخل أجزاء الميكانو . وأخيرا ،

وفى أوائل السبعينات استطاعوا أن يتخيلوا كيف يمكن أن تثبَّت هذه الأجزاء مع بعضها البعض لتصنع أنماطا جديدة لم تكن موجودة حتى فى كتب الارشادات . ولكى ندفع التشبيه نحو نهايته الممتعة يمكننا أن نقول إن علماء البيولوجيا الجزيئية قد ابتدأوا فى التعرف على ما يمكنهم بناؤه ، وكيف سيسعَد رؤساؤهم الجدد بإبداعاتهم .

وحتى لا يرتد هذا التشبيه إلى نحرى بتتفيه دور البيولوجيا الجزيئية ، فإننى لابد أيضا أن أقول إن هذا النوع من بناء الأنماط يمثل براعة غير عادية فى تفصيص مكونات الكائنات الحية ودفعها إلى الافصاح عن تفاصيل تركيبها ، إنها ناتج عقود من الخبرة المتراكمة ، إنها إنجاز صفوة علمية مبجلة ، ونتيجة عمل شاق ، وإشراك مهارات - اعتنى بتنشئتها - فى الجدل وعلى مناضد المعامل .

البيولوجيا الجزيئية : صياغة المصطلح

ترجع جذور هذا النوع من البيولوجيا وتبسيطاته الاستراتيجية إلى الثلاثينات من هذا القرن ، ففى نهاية هذا العقد صيغ مصطلح « البيولوجيا الجزيئية » ، وألصقت بطاقته على مشاريع بحثية طليعية معينة . ولم يكن مجردَ صدفة ، هذا الابداع الذى حوَّل الاهتمام نحو المستوى الجزيئى للكائنات ، لم يكن منجما غير محسوب نتج عن التقدم التقنى . لقد كان نتيجة سلسلة من القرارات اتخذت فى مؤسسة روكفلر (وهى وكالة إنسانية أمريكية ذات نفوذ قوى) ، التى مضت مصممة تخلق نوعا جديدا من البيولوجيا . ولولاها لتأخر ظهور البيولوجيا الجزيئية ولظهرت بشكل أقل تنظيما .

فى بدء هذا القرن العشرين ، كان جون د . روكفلر الابن ، من خلال عمله الشاق فى صناعة البترول ، قد كوَّن ثروة هائلة ، مثله مثل غيره من أقطاب الصناعة الامريكية فى ذلك الزمن : ميلون وكارنيجى وفاندربلت ومورجان ، فقد كان صاحب شركة ستاندردأويل ، التى انقسمت إلى شركات إسو ، وهمبل وسوهيو وسوكال وغيرها ، ثم مؤخرا شركة إكسون . ورغبة منه فى أن يخفف قدرا من عداء الناس له بسبب هذه الثروة الهائلة فقد قاده اقتناع - تشاركه فيه « الحركة التقدمية الأمريكية » - بأن حب الانسانية العاقل الموجَّه كما يجب ، يمكنه أن يُصلح وأن يُدعم مؤسسات المجتمع الصناعى ، قاده هذا الاقتناع لأن يأمر بإنشاء ودائع خيرية مختلفة .

كان غرضه أن يشجع « الترشيد » فى كل نواحى المجتمع الحضرى الصناعى الرأسمالى ، وأن « يطبِّع » التفرقة الاجتماعية الواضحة تماماً فيه ، وأن

يبعد شبح البديل الاشتراكي . كان مستعدا ، لكى يصل إلى هدفه هذا ، أن ينفق مبالغ هائلة من المال ليثبت نظاما اقتصاديا وسياسيا قويا ، ولم يكن هذا مجرد دعاية ، لقد كان برنامج إصلاح نشطا مستمرا ، غرضه إعادة تنظيم مجموعة كبيرة من المؤسسات حول أهداف سياسة معينة .

ثم أدمجت الودائع التى أنشئت برأس مال روكفلر فى نهاية الأمر لتكون مؤسسة واحدة كبيرة ، لعبت دورا رئيسيا فى تشكيل التعليم الطبى والجامعى ، والاصلاح السياسى ، والصحة العامة ، والانعاش الاجتماعى ، والبحث العلمى والزراعة فى العالم . وكما كان لدى آل روكفلر البصيرة لأن يستخدموا فى مشاريعهم المديرين الممتازين ورجال العلاقات العامة المتمكنين والمحامين الحاذقين ، كذلك جندت المؤسسة نخبة ممتازة من المدراء العلميين النشطين بعيدى النظر ، حتى لقد قيل إن فكرة أن يكون للعلم إدارة وأن الأهداف يمكن أن تُعد ، وأن التمويل الانتقائى للبحوث يمكن أن ينظَّم لتنفيذها ، هذه الفكرة كان روادها هم موظفى مؤسسة روكفلر فى الثلاثينات ، وذلك قبل ظهور تلك البرامج الهائلة الموجهة فى العلوم التطبيقية للحرب العالمية الثانية .

كان أحد هؤلاء المدراء هو الفيزيقى السابق وارين ويفر ، الذى أصبح أيضا خبيرا فى رواية **أليس فى بلاد العجائب** للويس كارول ، وفى الثلاثينات زاوج ويفر ببراعة بين آراء بعض الرواد من العلماء الجامعيين عن حقول البحث الواعدة ، وبين فكرة معينة تعتنقها شخصيات هامة داخل المؤسسة عما يمكن اعتباره بحوثا قيّمة موثوقا بها لا تجد التمويل الكافى . واختار ويفر أن يستخدم موارد روكفلر المالية الهائلة « لتحديث » علم البيولوجيا بأن أصر على أن يُعيد الباحثون فى النظم البيولوجية المختلفة صياغة أبحاثهم بحيث تصبح أكثر شبها بالفيزيقا والكيمياء ، أحس ويفر أن البيولوجيين كانوا قانعين تماما بمجرد تصنيف الكائنات ، والتفكير ـ ولكن بطريقة غير منظمة ـ فى عملية التطور . كانت البيولوجيا إما غير طموحة أو غير منظمة ، وأحس أنه من الضرورى أن تقام على أساس أمتن ، مربوطة بشكل أكثر مباشرة بالتجريب ، وتنظمها نظريات مختبرة جيدا . لم تكن للبيولوجيا ـ بالطريقة التى كانت تمارَس بها ـ أية قدرة تحليلية أو سند أو قوى تدفع للوصول إلى الحقائق الأساسية عن العالم الطبيعى ، وكان ويفر يعتقد أن العلوم الفيزيقية لها هذه المزايا بالتحديد .

وعلى هذا فقد اهتم بأن يستفيد من منهج وتكنولوجيا الفيزيقا والكيمياء فى علوم الحياة ، كان مستعداً لأن يساند كل من يستطيع أن يصوغ القضايا النظرية ـ مثل الطريقة التى تستطيع بها الجينات أن تنسخ نفسها ـ ثم أن يعالج هذه القضايا

بطريقة عملية محددة . وعلى سبيل المثال ، فقد جذبته فكرة اعتبار الجين جزيئا ، ثم البحث عن نوع الجزىء الذى يجب أن يكونه الجين حتى يعمل كجين ، كما اجتذبته دراسات الجزيئات البيولوجية الكبيرة كسبيل لتفهم الوظيفة .

حاول بصفته مدير المؤسسة أن يجمع المشاريع التى يمولها ، فى برنامج . وكان متحمسا للبحوث متعددة الجوانب ، وكان يسعد بالسماح للمشاريع بأن تعبر الحدود بين الأنظمة المختلفة ، وكافح لتغيير البحوث البيولوجية من خلال التأكيد على أجهزة المعامل وتكنولوجيا البحوث ، مثل جهاز الطرد المركزى الفائق (الذى يدور بسرعة تصنف الجزيئات حسب حجمها) والميكروسكوب الإلكترونى (أقوى الميكروسكوبات الموجودة ، وهو يكفى فى الحقيقة لرؤية الفيروسات) وذلك حتى يمكن تحليل المواد البيولوجية بعمق أكبر ، وكانت التكنولوجيا وسيلة لتشجيع البيولوجيين كى يفكروا بشكل مختلف ، وأن يسألوا أسئلة مختلفة عن الكائنات الحية ، أسئلة لم يكن فى مقدورهم الاجابة عليها بما يعرفونه .

وعلى هذا فقد رصد المبالغ للمنح الجامعية بالخارج ليسمح للعلماء باكتساب خبرات جديدة ، وللمؤتمرات وللمعامل الجديدة ، كما شجع العمل المشترك فيما بين النظم المختلفة ، ضد النمط السائد عندئذ . وربما بدت أهمية هذه الأشياء محدودة ، ولكن إلحاحه البارع كان له أثر هائل ، باستخدام الموارد المالية المتاحة له ، وبالاختيار الصحيح المتعمد لمعاونيه . وبمعاونته ابتدأت طليعة من « علماء البيولوجيا الجزيئية » (هكذا سمّاهم) طريقا طويلا نحو المجد ، حدث هذا قبل عصر تدفق المال على البحوث الأكاديمية ـ الذى كان على وشك الظهور ـ من مؤسسة العلوم القومية والمعاهد القومية للصحة فى الولايات المتحدة ، ومؤسسات مثل مجلس البحوث الطبية البريطانى .

لم يكن لهذا التنظيم الأوركسترالى للعلم وإعادة تشكيله أى غرض صناعى معين ، لم يُقصد منه عائد مادى معين لصناعة البترول . ولقد تغير الوضع الآن بعض الشىء ، فهذه شركة إكسون للبحوث والهندسة ، وهى بالطبع معهد منفصل عن مؤسسة روكفلر ، تمول معمل علوم النبات فى كولد سبرنج هاربور ، المركز القائد للبيولوجيا الجزيئية فى الولايات المتحدة ، ليتولى إجراء بحوث وثيقة الصلة بالصناعة .

من خلف الكواليس إلى قلب خشبة المسرح

مع الحرب العالمية الثانية تزايد تمويل العلم والتكنولوجيا زيادة هائلة ، ليس فقط من أجل إنتاج الأسلحة النووية والرادار والمدفعية الحديثة ، وإنما أيضا من أجل الابتكارات الطبية الجديدة مثل الانتاج المكثف للبنسلين وأدوية الملاريا وبلازما الدم الاصطناعية . وبذا ففى نهاية الحرب العالمية عرف رجال الحكومة والصناعة والمهن المختلفة أهمية زيادة الانفاق على البحوث . وابتدأت البحوث الطبية ، التى تضم أيضا العمل فى مجالات من علم الحياة يمكن أن يكون لها أثر فى الطب على المدى البعيد ، ابتدأت فى تلقى التمويل بشكل أكثر بكثير من ذى قبل . أما أموال روكفلر ، تلك التى بذرت خطوطا جديدة من الاستقصاء فى علوم الحياة ، فقد تحولت بالتدريج نحو بحوث البذور ذاتها ، وقادت إلى أرز وقمح الستينات ذى المحصول المرتفع (انظر الفصل الخامس) وزادت حصة الحكومة فى تمويل البحوث عن حصة المؤسسة ، ولم يحدث العكس .

وقد وصف بعض المؤرخين تلك الزيادة الهائلة فى عون الحكومة للبحوث بأنها صورة مستترة لدعم الدولة لطب القطاع الخاص ، وهى تمثل من وجهة النظر هذه حلا وسطا بين جماعات فى المجتمع متحمسة لرعاية صحية أرخص وأسرع إتاحة ، وبين مهنة طبية رجعية تحاول زيادة دخلها باحتكار الخدمات الطبية ، وهذا التحليل لا يصمد - فى إنجلترا - بصورته هذه بسبب تأميم الرعاية الطبية سنة ١٩٤٧ ، ولكن البحوث الطبية هنا فى انجلترا مازالت تعتبر طريقا رئيسيا للوصول إلى المنزلة الطبية الرفيعة ، ولقد استفاد علماء البيولوجيا الجزيئية كثيرا من التمويل الحكومى السخى لتعميق الأساس العلمى للطب .

وبدأت الجماعات البحثية فى البيولوجيا الجزيئية تنمو بالتدريج خلال الخمسينات لتكون بضعة مراكز حول العالم ، بعضها خارج نظام الجامعات أو قليل الارتباط به : كامبريدج بالمملكة المتحدة ، ومعهد باستير فى باريس ، وبالولايات المتحدة : كامبريدج ، ماساتشوستس ، كولدسبرنج هاربور فى نيويورك ، و كالتيك وستانفورد فى كاليفورنيا .

انشغلت مدرسة من علماء البيولوجيا بتحليل تركيب المكونات الجزيئية للكائنات الحية ، مثل الهيموجلوبين - الصبغة حاملة الأوكسوجين فى كرات الدم الحمراء ، وكان أن تبين أنه صراع طويل جدا لم تظهر نتائجه إلا فى أواخر السبعينات ، بعد نحو عشرين سنة من بدء العمل ، وانشغل آخرون بتحليل إحدى الخصائص الأساسية للجينات : كيف تنسخ الجينات نفسها وتمرر البيانات اللازمة لإنتاج صفة معينة فى الجيل التالى .

كانت إحدى طرق المعالجة هى محاولة اكتشاف كيف تنسخ الفيروسات نفسها . تبدأ الإصابة الفيروسية باختراق هذه الكائنات الدقيقة جدر الخلايا الحية ، لتسيطر على أنظمتها الداخلية وتحولها إلى إنتاج فيروسات جديدة ، ولما كانت الفيروسات مجرد حزم دقيقة من البروتين تغلف بضعة جينات ، فقد بدت نظاماً ، فيه من البساطة ما يسمح باستخدامه لاستكناه القضية العامة عن كيف ينتج الشبيه شبيهه .

وركزت مجموعة أخرى من علماء البيولوجيا الجزيئية عملها على البكتيريا ، وبدأت فى تربيتها بالانتخاب لمحاولة اكتشاف كيف تسيطر الوراثة على صفات معينة مثل القدرة على الحياة على أحد السكريات ثم التحول للحياة على آخر . لقد استطاعت البكتيريا أن تحيا على هذا الكوكب زمنا أطول من أى كائن آخر ، لأن لها قدرة أكبر على الملاءمة ولأنها اقتصادية وانتهازية بشكل مدهش ، والواضح أن هذه الحيل وراثية ومضمّنة داخل جينات البكتيريا . إن معرفة كيف تضمّن هذه القدرات يوضح الكثير عن ماهية الجينات وعن كيفية تحكمها فى النظم الحية .

هناك بعض القضايا العامة فى كل هذا يحسن توضيحها . فكل هذه الفروع البحثية - أولا - قد مست مواضيع أساسية أو قاعدية ، وبالرغم من أن المموّلين يهتمون بتقدم الطب ، فإن ارتباطها بالصحة والمرض كان تجريديا جدا ، كان عامّاً وطويل المدى . وثانيا ، أنه كان على هذا العمل كله أن يثبت نفسه فى الخمسينات ليثير اهتمام الناس وانتباههم ، كان مجرد عمل جانبى واعد ، واحتاج الأمر وقتا حتى الستينات لتظهر القوة الحقيقية للبيولوجيا الجزيئية . وثالثا ، فإن القدرة على تحريك الجينات من سلالات بكتيرية مختلفة (أو بشكل أدق : استخدام الآلية الطبيعية لتبادل الجينات) كانت تكنيكا مهما ، وإن كان متخصصا جدا ، بحيث أن أحدا لم يفكر فيه « كهندسة وراثية » بالمعنى الكامل . أما فكرة وجود هذا النوع من السيطرة على البيولوجيا - وخصوصا بيولوجيا الانسان - فقد بدت مطمحا بعيدا ، وقد تغير هذا فى منتصف السبعينات كما سنرى . ورابعا ، فإن البيولوجيا الجزيئية لم تكن منفصلة عن الطب فقط ، وإنما كانت ارتباطاتها الصناعية قليله للغاية أيضا . كانت الميكروبيولوجيا الصناعية عالما مختلفاً تماما ، عالما لا يهتم على الاطلاق بعلماء البيولوجيا الجزيئية . كان هؤلاء بصراحة مجتمعا مغرورا ، يتزايد غروره بتزايد منجزاته الأكاديمية بمرور الزمن .

وكانت هناك بضعة كشوفات طبية وَسَمَت الرحلة من كواليس البحوث إلى قلب مسرح البيولوجيا . أُنجز أحد هذه الكشوفات سنة ١٩٤٤ عندما ثبت أن

المادة التى تتكون منها الجينات هى حامض الديوكسى ريبونكليك (أو إختصاراً : د ن ا) ، وقد أثار هذا الاكتشاف مجموعة جديدة من القضايا ، مثل التساؤل عما قد يكون عليه تركيب ال « د ن ا » ، ذلك أن السؤال ـ الذى يفرض نفسه إذا ما عرفت أن المادة التى تبنى منها الجينات هى د ن ا ـ هو : كيف تشكل هذه المادة كيما تستطيع القيام بمهام تحديد الصفات الوراثية ثم نقلها إلى الجيل التالى ؟ وظهر الحل فى سنة ١٩٥٣ عندما استطاع عالمان شابان مغروران فى كامبريدج (فرنسيس كريك الذى كان يروّح عن نفسه من عناء بحثه للدكتوراه ، وجيمس واطسون السعيد بالدكتوراه الأمريكية التى حصل عليها حديثا) استطاعا أن يقدما نموذجا ذكيا يرتكز على تحليل النماذج التى أظهرتها أشعة إكس والتى قام بها غيرهما من العلماء ، وعلى بعض الاستنبطات عن التشكيلات التى يجب أن تتخذها الوحدات الأصغر من مادة د ن ا . كان هذا هو نموذج اللولب المزدوج الشهير للـ د ن ا ، ذلك النموذج المقبول الآن على أنه تصوير دقيق للـ د ن ا بالرغم مما يلقاه أحيانا من الشك والمعارضة .

لم يثر نموذج اللولب المزدوج عند ظهوره إلا مجموعة صغيرة من العلماء ، ومضى الكثيرون من علماء البيولوجيا المدربين فى النظم التقليدية للنبات والحيوان والسيتولوجيا والوراثة الكلاسيكية ، مضوا فى طريقهم السعيد ، بينما يستخف بهم ويفزعهم المتعصبون للبيولوجيا الجزيئية الذين يعتقدون أنه من الممكن فحص كل أنواع المشاكل والاتجاهات الجديدة على المستوى الجزيئى . بل لقد حَرَّم قسم الحيوان بجامعة مانشستر بالفعل لفترة فى الخمسينات تدريس الـ د ن ا لأنه لا علاقة له بعلم الحيوان .

لقد أمكن أخيرا إقامة البيولوجيا على أساس فيزيقى كيماوى متين ، هكذا كانت الصورة لدى المتحمسين ، أما الرومانسية بالنسبة للكائنات الحية ، نباتات كانت أو حيوانات ، فقد بدأت الآن فى تسليم الزمام للعلم الصلب . كان عليهم أن يشيدوا بناء من الحجج والبراهين الذكية مستخدمين نتائج بضع تجارب ـ صُممت بعناية ـ غرضها كشف مجموعة جديدة من التجريدات عن العمليات البيولوجية ذات الطابع العام جدا ، وكان هذا منظورا يتجذر فى علمى الفيزيقا والوراثة ، وكلاهما نظام نظرى عال ، ولم يُخف المتحمسون حقيقة أنهم يعتقدون أن نظرتهم قد ذهبت لمدى أبعد وأعمق من النظم الأخرى ، ولم يشعروا بأى غضاضة فى أن يطلبوا من العلماء أن يعيدوا صياغة أبحاثهم فى صورة مشتقة من البيولوجيا الجزيئية التى تؤكد على التركيب والمعلومات . كانت وقفة غطرسة واستفزاز لاهثة ، لكنها كانت ترتكز على معرفة أن إنجازات مثل فكرة تركيب اللولب المزدوج إنما هى انتصارات علمية من الدرجة الأولى . لقد بينوا حقا

خصب التفكير فى شكل جزيئى . لم يكن مجرد تبجح بلا أساس ، ولكنه كان بالفعل تبجحا .

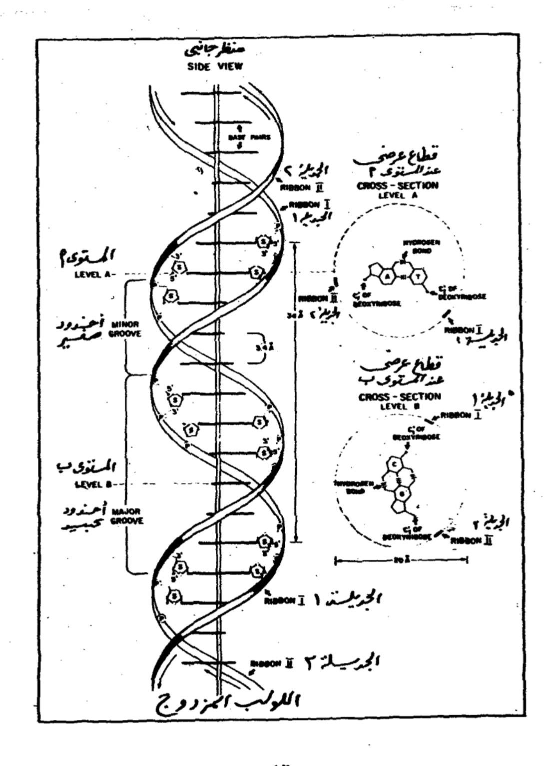
يروى لنا التاريخ أن واطسون وكريك اقترحا نموذج اللولب المزدوج للـ د ن ا سنة ١٩٥٣ ، وقد قسمت جائزة نوبل التى منحت لهذا العمل إلى ثلاثة أقسام ، إعترافا بفضل موريس ويلكنز عضو كلية الملك بلندن . ولقد أشار العديد من الكتاب فى السنين الأخيرة إلى مايَدين به الثلاثة لروزالين فرانكلين ، زميلة ويلكنز ، التى ظلت تجهل حتى وفاتها المبكرة فى سنة ١٩٥٨ ، حجم هذا الفضل وطريقة حصولهم على بياناتها ، أضف إلى ذلك أن الخطوات الاستدلالية الأخيرة لواطسون وكريك لم تكن لتتحقق لولا الأعمال المتراكمة لأكثر من ثلاثين أو أربعين عالما ، من بينهم عدد وفر لهما المعلومات الحاسمة التى أعادتهما إلى الأثر الصحيح .

والحكاية التى استرجعها جيمس واطسون فى كتابه **اللولب المزدوج** اتسمت حقا بالصراحة وهى تروى ذلك التنافس وهذه العجرفة وتلك السعادة فى التفوق على زملاء المهنة الأقدم التى ميزت الطريق لماسمَّياه نصف مازحين بأنه « كشف سر الحياة » ، وقد تسببت صراحته فى حرج كبير للكثيرين لاسيما لكريك ، الذى حاول أن يقنع جامعة هارفارد بمنع نشر الكتاب ، والذى هدد بمقاضاة من ينشره بتهمة القذف والتشهير ، ولكن عددا كبيرا من المراقبين أشاروا إلى أن قصة واطسون ـ بالرغم من كثرة مابها من الطيش والنزق ـ كانت مفيدة فى توضيح حقيقة بُعْد مهنة العلم عن مثاليات التعاون العلمى والمجتمع العلمى ، ومثل هذه الحكايات عادة ما تكون طريفة ونبيلة ، وقد رواها واطسون بشكل واقعى جدا كما حدثت بالفعل ، وقد كشف الكتاب أيضا ـ دون قصد ـ عن النقص والانحراف فى شخصيات من يتخذون العلم طريقا للوصول .

وقد اقترح اللولب المزدوج على الفور مجموعة جديدة من الأسئلة التى يمكن أن تستخدم فى تعميق معرفتنا بطريقة عمل الجينات فى نقل الصفات من جيل لجيل . فإذا ما كان الجين جزءاً من جزىء منتظم جدا يتألف من جديلتين تلتف كل منهما حول الأخرى ، فإن التضاعف الذاتى للجين ، أى نسْخ مجموعة التعليمات لتُنقل إلى الجيل التالى ، يمكن اعتباره انفصالا لجديلتى اللولب ، يتلوه إعادة تكوين لولبين مزدوجين منفصلين كلٌ على واحدة من الجديلتين .

ولكى نفكر فى الـ د ن ا علينا أن نشخِّص له نموذجا بصريا ، وهذا شىء صعب ، لأن الجزيئات ، وهى دقيقة للغاية ، لها مواصفات مختلفة عن مواصفات

الأشياء الكبيرة كالكراسى والمناضد ، إذ ليس لها حدود مقررة ، وعلينا أن نرسمها كما لو كانت لها هذه الحدود . كما أن جزىء الـ د ن ا جزىء معقد للغاية ، ومن الممكن أن نتوه فى تفاصيله ، وعلى هذا فلابد أن نلجأ إلى التخطيط ، والشكل التالى هو حل وسط بين الدقة وسهولة التصور ، وأهم ما يجب ملاحظته فى هذا الشكل هو الشريطان المسميان الجديلة ١ والجديلة ٢ ، فهذان ينفصلان عند نسْخ الجينات لإنتاج الجيل التالى . إن قوة نموذج واطسون وكريك تكمن فى توضيح هذه النقطة .



ولكن هذا النموذج لم يتعرض لمسألة مثيرة ، هى كيف تستطيع بعض الخواص التركيبية لجزىء الـ د ن ا أن تمثل أو تشفرّ صفة وراثية معينة ، والحقيقة أن فكرة الشفرة الوراثية سبقت اللولب المزدوج بنحو عشرين عاما ، كما أن الادراك بأن تركيب اللولب المزدوج ـ الذى اكتشف حديثا ـ يمكن أن يستخدم كأساس لمثل هذه الشفرة ، لم يصدر أولا عن بيولوجى ، وإنما صدر عن عالم عجيب من علماء الفضاء اسمه جورج جامو ، كان هذا الرجل شخصا غريبا تماما عن علم البيولوجيا ، وكان هذا سببا فى أن يركز على حقيقة أننا نستطيع أن ننظر إلى تتابع القواعد على محور اللولب المزدوج ـ هذا التتابع الذى يبدو وكأن لا نظام له ـ على أنه رقم بالغ الطول .

بتعبير آخر ، يمكننا أن نتصور الـ د ن ا مبدئيا ، ليس كأحد مكونات كائن حى ، بل وليس أيضا كجزىء ، وإنما ـ بطريقة تجريدية تماما ـ كرقم من نوع ما ، رقم من الطول بحيث يمثل المدى الواسع من الصفات التى تجعل الفرد متفردا . اتصل جامو بواطسون وكريك لمناقشة أفكاره عن الشفرة الوراثية ، ثم قاموا بتهذيبها ببعض النجاح ، حتى استطاع كريك مستخدماً فكرة جامو الأصلية أن يبين أن الشفرة الوراثية لابد أن تكون لها مواصفات معينة دون غيرها .

وأخيرا حُلت المشكلة فى منتصف الستينات بطريقة تجريبية أكثر مباشرة ، وتم النجاح أيضا فى تدافع مجنون نحو الأسبقية ، ليؤدى إلى حلقة أخرى من جوائز نوبل ، كما نتج عن هذا العمل البارع مجموعة كاملة من المقالات الصحفية تضفى عليه الإثارة ، تتخذ عناوين مثل « اكتشاف سر الحياة » .

تزامنت هذه النجاحات فى حل بعض المشاكل النظرية للبيولوجيا الجزئية مع إنجازات أخرى لا تقل عنها أهمية وإن كانت أكثر صلابة . وعلى سبيل المثال ، فقد أمكن التوصل فى أوائل الستينات إلى صورة التركيب ذى الأبعاد الثلاثة للبروتين ، ذلك العمل الذى بدأ ويفر فى رعايته منذ أواخر الثلاثينات . وفى فرنسا ، فى سنة ١٩٦١ ، تمكن عالمان من علماء البيولوجيا الجزيئية هما فرانسوا جاكوب وجاك مونو من توضيح طريقة التحكم الوراثى فى إنتاج البروتينات داخل خلايا البكتيريا ، وافترضا وجود نظام « تحويل » متطور يستطيع التحكم فى إنتاج مواد معينة داخل الخلية من عدمه ، وفى الشروط اللازمة لهذا الانتاج ، وفى سرعته ، وأشارا إلى شبكات ذاتية التنظيم ـ سيبرناطيقا ـ داخل البكتيريا تتمركز على الجينات ، وبذا تكون الخلايا مبرمجة لمواءمة نشاطها مع الظروف البيئية ولتنظيم نشاطها « بأنشوطات ذاتية الاسترجاع » ذاتية التصحيح . وأخيرا ، وفى أوائل الستينات ، استطاع العلماء المشتغلون بالفيروسات التوصل إلى أول تفهم

واضح لطريقة مهاجمة الفيروسات لخلايا كالبكتيريا ، والتى تدفع بها هذه الخلايا إلى إنتاج نسخ أكثر من الفيروسات .

المنافسة والسلطة والولاية

فى نهاية الستينات كانت البيولوجيا الجزيئية قد تبوأت مركزا رفيعا بين علوم الحياة ، وابتدأ من يمارسونها فى الاستحواذ على نسبة عالية من جوائز نوبل للفسيولوجيا والطب ، مما أضفى أهمية زائدة على أسلوب البيولوجيا الجزئية هذه فى المعالجة . وابتدأت الأموال فى ا لولايات المتحدة بالذات فى التدفق على هذا المجال البحثى ، ولم يكن ذلك لمجرد ارتباطها ببحوث السرطان . وازدادت تبعا لذلك ولاية رواد البيولوجيا الجزيئية ، وأصبحت مسرحا لبعض من أقسى المنافسات فى العلم ، بعد أن تطورت من مهنة هامشية لبضعة من الرواد تجاسروا على مواجهة استنكار رفاقهم ، واكتسبت سمعة كمجال من علوم الحياة تكمن فيه الثورة الحقيقية ، مجالٍ توجد فيه باستمرار أكثر المشاكل إثارة . جذبت البيولوجيا الجزيئية إذن عددا كبيرا من العلماء الشبان ، إن لم يكونوا جميعا مدربين فى البيولوجيا الجزيئية ، مثل كريك ، من علماء الفيزيقا ممن لديهم الثقة بالنفس لمحاولة توجيه البيولوجيين نحو طرق جديدة من التفكير ، وكذلك أيضا كان بعض الأعضاء الجدد الذين لم يعرقلهم الافتقار الى التدريب البيولوجى واعتقدوا أنهم يستطيعون الولوج مباشرة إلى المستوى الأعلى من المشاكل .

وفى أوائل الستينات كان بعض الأصدقاء قد صمموا تصميما حاسما على أن يكونوا أول من يتوصل إلى النتائج ، وبحلول نهاية هذا العقد كانوا قد شيدوا صرحا من الإنجازات العظيمة ، وأصبح على طالب البحوث الذى يرغب فى الاستمرار فى هذا الحقل أن يثبت كفاءته المرة بعد المرة ، عادة فى معامل مختلفة ، كيما يرتقى لوظيفةٍ ثابتة ، بجانب مرءوسين ورؤساء من الصفوة المتعالية يزدرون من هم دونهم من المساكين . أما الرجال الذين أثاروا هذا النوع من المنافسة فقد كانوا بعضا من الرواد الأوائل الذين أثمرت مناوراتهم فى الحصول على موارد مالية لانشاء معامل هائلة جيدة التجهيز ، تنفق عليها منح الحكومات والوكالات ، والذين كانوا يفتشون بين المواهب المتاحة ، عاما بعد عام ، ويتفحصون جبهات البحوث بحثا عن الأفكار الجديدة ، ويدفعون فرقهم البحثية بقسوة كى يستمر تدفق المنح والنتائج والمواهب الجديدة وقد شبّه واحد من هؤلاء ، هو جيمس واطسون ، الذى كان يوما أستاذا بجامعة هارفارد ويعمل الآن رئيسا للمعامل المهيبة بكولد سبرنج هاربور فى ولاية نيويورك ، شبّه هذا النظام بنظام تطوير كرة

القدم فى أمريكا ، الذى يُدفع فيه الرياضيون من الشباب إلى قمم الأداء حتى يظل الفريق فى المجموعة المتقدمة .

كان لهذه الجهود المكثفة نتائج مؤثرة ، فقد نتج عن هذا التعمق فى الطبيعة إلى مستوى التنظيم الجزيئى كمٌ هائل من المعلومات عن العمليات الأساسية للحياة مثل الوراثة والأيض والعدوى وعلم أمراض الخلايا والنمو ، وانتشرت طريقة المعالجة الجزيئية فى كل علوم الحياة ، وكان لها تأثيرات متباينة فى الحقول المختلفة ، تُغيِّر بتقدم موجتها ، المناهج والمواقف والأنماط والنظريات ، ولكنها لم تكن مفيدة فى بعض الحقول ، كعلم الأجنة مثلا ، فلا أحد يعرف كيف تصبح العين عينا ، بينما كانت مثمرة تماما فى علوم مثل علم المناعة كما سنرى فى الفصل الرابع . لقد قادت البيولوجيا الجزيئية إلى تغيير فى الطريقة التى تصاغ بها وتعالَج كل أنواع المشاكل .

يوجد اللولب المزدوج فى وقتنا الحالى فى كل المراجع الأولية (ولو أنه عادة ما يعرض فى شكل غير دقيق) ، وكانت هناك - فى المراحل الأولى - تلميحات ومحفزات للتفكير جزيئيا ، ولتصور الكائنات « كماكينات لتجهيز البيانات ذاتية التجميع ذاتية الصيانة ذاتية التكاثر » ، أما الفكرة الأساسية للهيكل التصويرى للبيولوجيا الحديثة فقد كانت هى اعتبار : أن الجين يضم **بيانات مشفرة** ، **تُنسخ** أولا إلى مادة وسطية كيماوية هى ر ن ا **الرسول** ، **تقرأ كودونا كودونا** ، **لتُترجم** إلى تتابع من الأحماض الأمينية ، تكوّن جزيئات البروتين . فالجينات كالمفتاح الكهربائى **تُفتح** و **تُقفل** ، و ر ن ا حامل الرسالة **ينسِّق** و **يحرِّر** . والمتواليات الجينية تحوى **إشارات** للآلة الخلوية **تُقرأ** من الـ د ن ا ، أما تفاصيل ما يعنيه هذا فهو موضوع الفصل التالى . إننا نسمع هنا لغة الاشارة ، وهذه الاستعارات هى إشارات بيانية ، فالمصطلحات ، التى بدونها لا نستطيع أن نفكر أو نتحدث البيولوجيا فى أيامنا هذه ، مشتقة من علم الكمبيوتر وعلم الشفرة وعلم السيبرناطيقا (علم الضبط) ، وكلها نوع فعال من الاختزال نستخدمه للتفكير فيما تفعله الكائنات الحية . ولقد أصبحت هذه الأفكار أساسية بالنسبة للمعجم والمنظور التحليلى لمعظم - وليس كل - علماء البيولوجيا .

انتهت - بنهاية الستينات - المرحلة الأولى من التوسع فى البيولوجيا الجزيئية ، وتم تصنيف بعض القضايا الرئيسية مثل طبيعة الشفرة الوراثية ، مما جعل اختيار المجموعة التالية من المشاكل اختيارا صعبا . فما هى القضايا التى يمكن أن تضارعها فى الأهمية ؟ كانت بدايات السبعينات أيضا وقت قلقٍ فى العلم ، وابتدأت ميزانيات البحوث ، لأول مرة منذ الحرب ، فى التناقص فعلا ،

بينما كانت الأموال متوفرة فى حقل بحوث السرطان ، وإن بدت كل طرق معالجة هذه المشكلة صعبة للغاية .

ثم ظهرت ـ متزامنة ـ مجموعة من الاكتشافات التقنية غيرت تماما مجال الممكن فى البيولوجيا الجزيئية ، وأصبح التعامل اليدوى المحكوم لأجزاء المادة الوراثية ـ لأول مرة ـ شيئا عمليا ، أصبح فى استطاعة العلماء قضم قطع من الـ د ن ا من أحد الكائنات الحية ثم نقلها لكائن آخر ، فمن الممكن أن نقطع جينات من إحدى الخلايا ثم نركبها فى خلية أخرى ، وكان الاسم التقنى لهذا النشاط هو بحوث الـ « د ن ا المطَعَّم » ، لأنه يشمل الاضافة المحكومة من الـ د ن ا ، مادة الوراثة (وسنتعمق فى التفاصيل التقنية لهذا الموضوع فى الفصل التالى) ، وكانت تضمينات هذه العملية بالنسبة للكثير من حقول البحث مذهلة ، فعلى سبيل المثال ، نستطيع الآن أن نفكر فى وصل قطع جديدة من الـ د ن ا فى فيروسات الأورام ، أو أن نخرج هذه القطع بدقة ، لنعرف كيف يحور هذا من أثرها على الخلايا التى تصيبها بالعدوى . ولكن بذيوع الامكانات التقنية ، قررت عصبة من مديرى البحوث ، من رؤساء المعامل التى تسيطر على المهنة ، أنه من الواجب أن يُعلَّق « التقدم » مؤقتا حتى نعرف ما قد تكون عليه النتائج الجانبية غير المقصودة لهذه الأعمال البارعة . وعندما رُفع وقف النشاط فى ١٩٧٦ بدأ عهد جديد للهندسة الوراثية ومعه ، على أغلب الظن ، ثورة جديدة صناعية وعلمية .

كشف حدود اشتراك الجمهور فى العلم

ظروف تعليق النشاط

لو أن التاريخ لم يؤكد على الحقيقة المعروفة بأن تكنولوجيا الهندسة الوراثية ، على عكس الكمبيوتر والمفاعلات الذرية والأقمار الصناعية ، قد أُوقف سبيلها عند نقطة بدايتها لكان ذلك شيئا محزنا . لقد حدث تأجيل عالمى فى هذا المجال من سنة ١٩٧٤ حتى سنة ١٩٧٦ ، فلماذا لا يرصد هذا فى التاريخ القادم ؟ والإخوة الذين تورطوا فى ذلك يبذلون الآن كل ما فى استطاعتهم للتنصل من دورهم فى فرض هذا التوقف فى هذه السنين ، ويشعرون بأن عملهم هذا كان طيش شباب ، بل وخطأ فظيعا فى الحكم ، وكما قالها جيمس واطسون ـ العالم المتفرد ـ « لقد كنت حمارا ! » . وهم يرون أن الحوادث التى حركها هذا التعليق كانت جدلا هزليا فى موضوع جاد ، كانت سلسلة من المناقشات العامة لنظريات غير مثيرة يسهل رفضها والتخلى عنها ، وتركزت فى احتمال تحول بعض الكائنات

الدقيقة غير الضارة نسبيا إلى كائنات غاية فى الخطورة عند نقل جينات إليها فى شكل جزيئات د ن ا مطعًم . وشهرا وراء شهر ، فى بلد بعد أخرى ، كانت تلتقى نفس المجموعة ـ تقريبا ـ من الناقدين ومن المؤيدين لهذا العمل ليكرروا مرارا نفس الفكرة بأن تطعيم الجينات الجديدة فى الكائنات الدقيقة المضيفة قد تكون له نتائج غير متوقعة طبيا وبيئيا وحيويا .

يَعتـبر واطسـون أن هذه المرحلة قد انتهت الآن ، وهـذا على ما يبـدو صحيح ، لقد قام مع جون توز ، وهو محارب آخر قديم ضد جدل الاثارة ، قاما مؤخرا بنشر تأريخ لهذه الفترة كما لو كانا يحددان نهايتها ، فقد بدا واضحا فى كتابهما ذلك الاحساس المريح بأنه لم يعد من الضرورى أن نضيع وقتنا بعد الآن فى محاولة معالجة تلك القضايا الاجتماعية والسياسية المعقدة ، ويبدو أنهما قد أخذا الحوار العام كنوع من الهيدرا السياسية ، له القدرة على تنمية رءوس جديدة كلما قطعت له رأس بضربة إعلامية جيدة التدبير . وفى نهاية السبعينات أصبح واطسون شديد السخط على ما اعتقد أنه جنون القلق من أخطار الـ د ن ا المطعًم ، كيف يهتم الناس بمثل هذا الأمر التافه ، الذى يعرف علماء البيولوجيا الجزيئية أنه مأمون ؟

ومن الطبيعى أن المشكلة هى مشكلة الشرعية والمصداقية ، وربما لم يعرف واطسون هذا . وعلى أوائل السبعينات لم يعد فى مقدور العلماء الارتكان الى موافقة الناس التلقائية لتصريحاتهم ، لاسيما بالنسبة لقضايا الوراثة والأمراض والتناسل والبيئـة ، فقد تغيرت قاعدة الثقة بين الخبراء وبين الناس بسبب عقد من سنى الاهتمام المتزايد بتضمينات البحوث الطبية الحيوية ، وما ارتبط بها من شواهد فى النتائج المشئومة غير المقصودة للابتكارات التكنولوجية ، وأصبح من الضرورى أن تعـزز وأن تنـاقش بشكل أكثر حرصا مواضيعُ تحديد المخاطر المسموحة والتبرير الأخلاقى لبعض برامج البحوث .

كان العلماء عارفـين ـ لحد ما ـ بهذا ، ولكن منـاقشة هذه القضايا تحتاج وقتا ، فليس من السهل أن تناقش بسرعة وصراحة مواضيع مثل القيم الأخلاقية والأهداف والفروض الضمنية والنتائج المحتملة للبحوث ، فهى شَلّة من القضايا تنحـل بالتـدريج أثناء تفحصها ، حتى ليلف الضباب والغموض حدود الخبرة العلمية والسلطة ، ويجعلها قابلة للمعارضة .

وعلى هذا فإن تعليق النشاط وما نتج عنه من مناقشات عن بحوث الـ د ن ا المطعًم لابد أن يعتبَر تجربة للجدال مع الجمهور ، تجربة بدت للعلماء كما لو كان من المستحيل السيطرة عليهـا . وبتزايد الاهتمام العام بهذه القضايا تزايد أيضا

جزع العلماء مما يمكن أن يؤدى إليه هذا الاهتمام ، وأصبح السؤال الملح بالنسبة لهم هو : كيف يمكن العودة ثانية إلى ذلك الوضع القديم الذى اتسم فيه اهتمام الناس بالعلم بمجرد الاعجاب والهدوء ، والذى كانت فيه كفاءة العلماء فى معالجة التضمينات الاجتماعية للعلم شيئا لا يقبل الشك ؟ . إن ما بدا كإيماءة نبيلة للتأمل الصريح فى المخاطر قد هدد بأن يصبح ممارسة للاشتراك فى السلطة ، وكان هذا شيئا صمم العلماء على مقاومته ، لقد طفت وتكررت فى الستينات قضية الكيفية التى ستستعمل فيها القوى المتنامية للوراثة الجزيئية ، وما إذا كان المجتمع يستطيع أن يتلاءم مع هذه القدرات ، وأصبح الكثير من المناقشات مشحونا بالفناء والشؤم وغامضا لحد مثير ، يمثله عناوين مثل القنبلة الزمنية البيولوجية ، أو مشروع بروميثيوس أو طفل جديد شجاع ، وغدا من الواضح أن المجتمع ستكتسحه انبعاثات مبهمة من معامل غير مساة يطلقها أشخاص مجهولون ، وبدأ بعض قليل من الناس يسألون عمن يسيطر على العلم وعمن يسيطر حقا على تطبيقاته ، لا ولم يتأمل أى من كتاب السياسة الحماسيين الكيفية التى تستطيع بها مجموعات معينة من المجتمع ، يهددها العلم ، أن تصوغ استجابة سياسية تحمى بها مركزها أو أن تحبط التهديد الذى يواجهها .

كان هناك استثناء مبجل لهذا التعميم ، ففى سنة ١٩٦٩ جعل ثلاثة بيولوجيين ـ من هارفارد ـ من إعلان عزلهم لجين بكتيرى فرصة لمؤتمر صحفى ، فيه أشاروا إلى أن العلم فى الولايات المتحدة تتحكم فيه مجموعة صغيرة من الصفوة ، يخطط أعضاؤها للعلم ـ دائما ـ مع ممثلى الشركات الرئيسية وأعضاء المؤسسات العسكرية والسياسية ، وادعى بيولوجيو هارفارد أنه عن هذا الطريق يساء استخدام العلم بشكل منتظم من خلال تطبيقاته العسكرية والبحث عن الربح ، حتى أن واحدا من هؤلاء ، هو جوناثان بكويث ، ذهب لحد منح جائزته التى حصل عليها تكريما لهذا العمل لجماعة النمر الأسود ، تعبيرا عن شعوره بأن العلم يستخدم بانتظام فى استمرار القمع لا فى مساعدة المحتاجين .

لقى مؤتمر هارفارد الصحفى التغطية من وسائل الاعلام الكبرى ، ولكن أهمل فيها موضوع أن المجتمع ككل ليست له أية سيطرة حقيقية على اتجاه العلم ، فقد حرّف المعلقون عامدين تصريحهم على أنه ثورة أخرى لا تتعلق خاصة بالهندسة الوراثية ، كما أنهم أيضا أخفوا الاتهام بأن المؤسسة العلمية تتواطأ فى إساءة استخدام العلم لأغراض استغلالية غير إنسانية بدلا من أن تعمل للتأثير فى الهيكل العام لتطبيق العلم ، فالصفوة التى تعمل بالبحوث تشجع السيطرة على المجتمع عن طريق العلم ، بدلا من أن تعمل كمنبر للشعب . كان المقصود هو أن سلطة قادة البحاث لا توجَّه إلا فى اتجاهات معينة فقط ، إنها صفوة مقيَّدة ،

وهم ـ بالنسبة لجمهور يثق بهم ـ يسيئون التعبير عن درجة استقلالهم وقدرتهم على معالجة المشاكل الاجتماعية التى تنتج عن العلم .

خُففت هذه النظرة ـ بشكل حاد ـ عندما قدَّم بعض قادة العلم وجهة نظر أخرى فى مؤتمر هام عقد سنة ١٩٧٠ عن « الأثر الاجتماعى للبيولوجيا الحديثة » . فقد أنشئت مؤخرا جمعية باسم « الجمعية البريطانية للمسئولية الاجتماعية فى العلم » (ج ب م ا ع) تضم جماعة من العلماء البارزين ، يحمل البعض منهم جائزة نوبل ، ممن كرسوا أنفسهم لقضايا مثل مستقبل الهندسة الوراثية ، والإخصاب خارج الجسم (فى الأنابيب) وتسويق الأدوية والكيماويات ومواد الحرب الكيماوية واستخدام النظريات العلمية فى تبرير الأيديولوجيات السياسية . وبينما كان بكويث ، وغيره ، ينادى بتغيير جذرى فى بنية المجتمع للحد من سلطة من يسيطرون حاليا على العلم ، نجد أن حاملى جائزة نوبل يجادلون ـ فى صوت واحد ـ بأنه من الأفضل أن تترك إدارة العلم ومشاكله الاجتماعية لقادة العلماء . وادعت المؤسسات العلمية لنفسها الحق والمسئولية فى التعامل مع هذه المواضيع كما يرى أعضاؤها ، أما من لا يمتلك المؤهلات العلمية المنزهة عن الخطأ فلهم الحق فى الاستماع لنتائج المداولات عن التأثير المحتمل للعلم على المجتمع ، ولكن ليس لهم الحق فى الاشتراك فيها أو فى وضع مقاييس تقييمها .

ربما كان عرض جاك مونو ـ الفرنسى الحائز على جائزة نوبل ـ لهذه الفكرة هو أكثرها تهورا ، كان مونو شخصية قيادية سحرية ، له سجل متميز كمقاتل فى المقاومة ، وهو مؤلف كتاب **الصدفة والحاجة** عن التضمينات الوجودية والسياسية للبيولوجيا الجزيئية ، الكتاب الذى ازدادت مبيعاته على مبيعات رواية قصة حب لإريك سيجال عند ظهورها فى فرنسا ، كان مونو فى سنة ١٩٧٠ قد ابتدأ فى التحول من وظيفته كباحث لامع ليتخذ وظيفة مدير معهد باستير فى باريس ، وقد أثارت خططه لتتجير العمل المكثف الذى يجرى بهذا المعهد ، وبيْع مبنى المعهد فى مونبارناس حيث كان لويس باستير يعمل ، أثارت زوبعة غاضبة . كان مونو فى ذاك الوقت رجلا ذا ثقة هائلة فى قدراته ، وأقلها إدارة المستقبل نيابة عن المجتمع . وفى مؤتمر « الأثر الاجتماعى للبيولوجيا الحديثة » ذكر بعض التطورات المنتظرة التى تحمل فى طياتها ما يزعج ، والتى يمكن أن تثوِّر علم الوراثة ، ولكنه قال إنه لا يفضل أن يتحدث عنها للجمهور . والمؤكد أنه كان يتحدث عن أول الاشارات عن بحوث الـ « د ن ا » المطعَّم ، والواضح أن ما قاله عن اهتمامه الشخصى بهذه الاحتمالات كان المقصود به أن يهدىء روع الناس من أى قلق قد يصيبهم . لقد تكلم أحد كبار القادة . أفما يكفى هذا ؟

لم يكن حاملو جوائز نوبـل يشعرون بأى خجل لاستبعاد الجمهور عند التفكير في الأثر الاجتماعى للبيولوجيا الجزيئية ، ولكنا نجدهم يسعدون أن يُبرزوا آخرين من المهتمين بتتجير البحوث ليتلقوا بعض النقد ، فسنجد مثلا متحدثا آخر هو ا . ج . هيل (من شركة ج . د . سيرل للأدوية) وقد عنّفه وبقسوة عدد من كبار العلماء لارتباطه بمثل هذه التجارة المريبة ، ومن الغريب أن يكون جوناثان بيكـويث هو الذى أشار ـ ولم يكن بالضبط يدافع عن هيل ـ إلى هذا النفاق . ولشركة سيرل الآن مجموعة بحثية كبيرة ومؤسسة إنتاجية فى هاى وايكومب مكرسة لبحوث الـ د ن ا المطعَّم ، مجموعة يرتبط بها هيل بشدة ، وقد نوقشت خطط هذا المعمل بالفعل سنة ١٩٧٠ ، ولا أعرف ما إذا كان بعض نقاده العظام فى تلك الـواقعة يعملون الآن كمستشارين لسيرل . إننى أشك فى ذلك ، ولكنه ليس مستحيلا ، لأن كثيرا من العلماء يعملون كمستشارين لمؤسسات تجارية ويساهمون فيها .

كان مؤتمر ج ب م ا ع سنة ١٩٧٠ مناسبة محمومة ، باركتها حفنة كبيرة من حاملى جائزة نوبل ، كانت مشاهدة تصادم وجهات النظر شيئا ساحرا تثقيفيا ، وكان هذا الاجتماع هو السبب فى أن تعود للظهور حركة اجتماعية تهتم بالتحكم فى العلم ، كما أنه أعطى إشارة الافتراق الوشيك فى الطرق بين المؤسسة العلمية وبين الاشتراكيين المعروفين من العلماء . وفى السبعينات ظهرت فى المناقشات عن الـ دن ا المطعَّم ـ مرات ومرات ـ نفس قضايا السلطة والمسئولية والخبرة والمصداقية ، إلا أن موقف المؤسســة ازداد بالتـدريج صلابـة ، بازدياد التكـاليف السياسية والاقتصـادية للانشغـال بمثـل هذه المنـاقشـات الخـطرة ، فإذا كان لمثـل هذه الاجتماعات أن تعقَد ، فإنها ستعقد ـ كما سنرى ـ بشروط تضعها رئاسة المؤسسات وممولوها المتضامنون . لقد أصبح ترك المشتركين يتطورون بعيدا يشكّل على ما يبدو مخاطرة كبيرة . ولكن بحلول منتصف السبعينات بدا الأمر بالفعل ـ ولفترة ـ وكأن طرق معالجة التضمينات الاجتماعية للبحوث الحيوية الطبية فى سبيلها إلى التغيير .

إشارات قلق :

فى سنة ١٩٧٣ أعلنت جماعات مختلفة بالولايات المتحدة بشكل شبه رسمى فى مؤتمـر علمى ، مشروعاتها لاجراء تطعيمات جينية بين كائنات حية مختلفة ، أما كيف يمكن عمل هذا فسنفصله فى الفصل التالى . وقد أثارت هذه الفكرة الجـديدة القلق على الفـور ، فلا أحد على أى حال يستطيع أن يعرف بالتأكيد ما ستكون عليه النتائج البيولوجية ، فمن المحتمل جدا أن تكتسب الفيروسات

الهجينة فى إحدى التجارب القدرة على إحداث السرطان لكائنات كانت قبلا منيعة . وبنفس الشكل ، لم يعد من المستبعد أن تُبنى - دون قصد - بكتريا معملية بها جرعة كبيرة من الأذى تقاوم العقاقير لتصبح سببا فى وباء ، وقد أدت المناقشات الأولى لهذه الآراء المزعجة البعيدة الاحتمال إلى تكوين جماعة دولية للاستراتيجيين العلميين ، طلبت منها المؤسسة القومية للعلوم بالولايات المتحدة أن تقدم خطة .

وفى سنة ١٩٧٤ اقترحت هذه الجماعة ، بقيادة بول بيرج ، الرجل الذى تسببت خططه فى التطعيم بأجزاء من الفيروس فى إثارة هذا القلق ، وهو من علماء البيولوجيا الجزيئية فى بيركلى كاليفورنيا ، اقترحت سُنّة تتصف بإنكار الذات للراغبين فى العمل بالهندسة الوراثية ، وأوصت بتعليق النشاط فى أنواع معينة من التجارب حتى نحدد بثقة أكبر المخاطر المحتملة ، وقد قُبل فورا هذا النداء للتوقف ، الذى اعتُبر تأجيلاً وليس مقدمة للتخلى الكامل ، كما ألحقت به بعض الحوافز البيروقراطية حتى يقبله الجميع ، وبالرغم من ذلك فقد وقفت ضده - فى الحقيقة - شخصية أو شخصيتان متحمستان . ولكن إذاعة هذا لم تكن تعنى إلا الادانة ، فهى على الأقل تعنى التجرؤ على الدخول فى المنافسة .

وقد اعتبر بعض النقاد أن تعليق النشاط هذا قد نتج عن رغبة جماعية للظهور أمام الجمهور فى شكل لائق ، ضد تلك الخلفية الكئيبة لحرب الهند الصينية ورئاسة نيكسون ، التى أحس الكثير من الأمريكيين أنها قد لوثت الحياة العامة . وقال آخرون إن الموقعين على رسالة بيرج التى اقتُرح فيها تعليق النشاط ، كانوا مجموعة - أقل نبلا - من العلماء ، تريد فقط أن تظهر أسماؤهم فى كتب التاريخ . على أى حال ، لقد كانت إيماءة رائعة ، لقد وضعت سابقة هامة وكانت مثار الكثير من التعليقات ، ولأنها وثيقة تاريخية فسنوردها كاملة هنا . لاحظ أنها لا تدعو الى اشتراك العامة فى العلم ، وإن كان هذا هو أثرها المباشر ، ونشطت بالتدريج عناصر « حوار شعبى » وكثفت المناقشات فى الخطوة التالية لما يجب عمله :

المخاطرة الحيوية الكامنة فى جزيئات د ن ا المطعمة :

تسمح النجاحات الحديثة فى تكنيك فصل ووصل أجزاء من الـ د ن ا ، بتركيب جزيئات نشطة من الـ د ن ا المطعَّم ، فى المعمل . وعلى سبيل المثال ، فقد استعملت إنزيمات الإندونكلييز التحديدية ، التى تولد شظايا د ن ا ذات أطراف لزجة تلائم الوصل تماما ، استعملت فى خلق أشكال جديدة من

بلازميدات بكتيرية فعالة تحمل واسمات لمقاومة مضادات حيوية ، كما استعملت لربط د ن ا ريبوزومى من زينوبص ليفز مع د ن ا بلازميد بكتيرى ، وقد أمكن توضيح أن البلازميد الأخير المطعَّم يمكنه أن يتناسخ بثبات فى إشيرشيا كولاى ، حيث يخلِّق ر ن ا المكمل للـ د ن ا الريبوزومى الخاص بزينوبص ليفز ، وبالمثل فقد ضُمِّنت أجزاء من الـ د ن ا الكروموزومى من حشرة الدروسوفيلا فى كل من د ن ا بلازميدى و د ن ا بكتيريوفاجى لتنتج جزيئات هجينة قادرة على أن تعدى أ . كولاى وأن تتناسخ فيها .

وتنوى عدة مجاميع من الباحثين استخدام هذه التكنولوجيا فى تخليق د ن ا مطعَّم من مجموعة مصادر أخرى فيروسية وحيوانية وبكتيرية ، وبالرغم من أن مثل هذه التجارب ستسهل على الأرجح حل بعض المشاكل البيولوجية النظرية والعلمية الهامة ، فإنها قد تتسبب أيضا فى خلق أنواع جديدة من عناصر د ن ا مُعْدية ، لا يمكننا مقدما أن نتنبأ تماما بخصائصها البيولوجية .

إن هناك قلقا بالغا من أن بعض جزيئات الـ د ن ا المطعَّم قد تثبت خطورتها بيولوجيا ، وأحد الأخطار المحتملة فى التجارب الحالية ينجم عن الحاجة إلى استخدام بكتيريا ، مثل إ . كولاى فى نسخ جزيئات الـ دن ا المطعَّم وأن نزيد من عددها كثيرا ، وتعيش سلالات من إ . كولاى عادة فى القناة الهضمية للانسان ، ولها القدرة على تبادل المعلومات الوراثية مع أنماط أخرى من البكتيريا ، بعضها مُمْرض بالنسبة للانسان ، وعلى هذا فإن عناصر د ن ا الجديدة التى قد تضاف فى إ . كولاى ، قد تَنْتشر بشكل واسع بين العشائر الآدمية والبكتيرية والنباتية والحيوانية ، بنتائج لا يمكن التنبؤ بها .

وقد أثار الاهتمامَ بهذه القدرات المستحدثة عدد من العلماء الذين حضروا مؤتمر بحوث جوردون عن الأحماض النووية المنعقد سنة ١٩٧٣ ، وطلبوا أن تولى الأكاديمية القومية للعلوم اهتمامها لهذه الأمور . وفى هذا الصدد يقترح أعضاء الجماعة الموقعون ، بالنيابة عن جمعية علوم الحياة والمجلس القومى للبحوث وبتعضيد منهما التوصيات التالية :

أولا وقبل كل شىء ، وحتى تقيِّم بشكل أفضل الأخطار الكامنة فى جزيئات د ن ا المطعَّم هذه ، أو حتى تطور طرق مناسبة لمنع انتشارها ، فإن العلماء من كافة أنحاء العالم ينضمون إلى أعضاء هذه اللجنة ، طوعا ، فى تأجيل الضربين التاليين من التجارب :

● **الضرب ١** : تركيب بلازميدات بكتيرية جديدة ذاتية النسخ يمكن أن ينتج عنها محددات وراثية لمقاومة المضادات الحيوية أو تكوين سموم بكتيرية فى

سلالات بكتيرية لا تحملها الآن ، أو تكوين بلازميدات بكتيرية جديدة تحوى طعوماً لمقاومة مضادات حيوية مفيدة طبيا ، إلا إذا كانت البلازميدات التى تحوى مثل هذه الطعوم موجودة الآن بالفعل فى الطبيعة .

● الضرب ٢ : ربط كل أو بعض أجزاء د ن ا مأخوذة من فيروسات مسرطِنة أو من غيرها من فيروسات الحيوان إلى عناصر د ن ا ذاتية التناسخ مثل البلازميدات البكتيرية أو غيرها من الـ د ن ا الفيروسى ، ذلك أن جزيئات د ن ا مطعَّمة مثل هذه يمكن أن تنتشر ـ بشكل أكثر سهولة ـ إلى عشائر بكتيرية داخل الانسان أو غيره من الأنواع ، وربما ارتفعت بذلك نسبة حدوث السرطان أو غيره من الأمراض .

وثانيا ، فإن خطط ربط شظايا من د ن ا حيوانى إلى د ن ا البلازميد البكتيرى أو د ن ا البكتيريوفاج ، يجب أن تقيَّم فى ضوء حقيقة أن كثيرا من أنماط د ن ا خلايا الحيوان يحتوى على تتابعات شائعة من ر ن ا فيروسات الأورام . ولأن وصل أى د ن ا غريب مع نظام د ن ا ناسخ ، يخلق جزيئات د ن ا مطعَّمة جديدة لا يمكن بيقين التنبؤ بخصائصها البيولوجية ، فإنه لا يصح أن تُجرى هذه التجارب إلا على نحو جاد .

وثالثا ، يطلب من مدير المعاهد القومية للصحة أن يولى اهتماما فوريا لانشاء لجنة استشارية تكون مهمتها : (١) مباشرة برنامج تجريبى لتقييم المخاطر البيولوجية والبيئية المحتملة للأشكال السابقة من جزيئات د ن ا المطعَّمة ، (٢) تطوير طرق تقلل من نشر مثل هذه الجزيئات داخل العشائر البشرية وغيرها ، (٣) تدبير لوائح يمكن أن يتبعها الباحثون الذين يعملون فى جزيئات د ن ا المطعَّمة ذات الخطر المحتمل .

ورابعا ، يجب أن يُعقد اجتماع دولى يضم الباحثين المختصين من كل أنحاء العالم فى مطلع العام القادم لمراجعة التقدم العلمى فى هذا المجال ولمتابعة مناقشة الطرق الملائمة لمعالجة الأخطار البيولوجية المحتملة لجزيئات د ن ا المطعَّمة .

وقد اتخذنا التوصيات السابقة مدركين (١) أن قلقنا يرتكز على ما نراه من المخاطر المحتملة لا الثابتة ، فليس هناك إلا القليل من البيانات التجريبية عن مخاطر مثل هذه الجزيئات من د ن ا (٢) أن الالتزام بتوصياتنا الأساسية يستلزم تأجيل تجارب لها قيمتها العلمية ، وربما التخلى تماما عن ضروب معينة منها ، كما أننا على دراية بالكثير من الصعوبات النظرية والعملية التى تتعلق بتقييم مخاطر جزيئات الـ د ن ا المطعَّمة هذه بالنسبة لجنس البشر ، ولكن قلقنا مما قد يحدث من نتائج مؤسفة عند التطبيق غير المقيَّد لهذه التقنيات قد دفعنا إلى أن نحث كل العلماء

المشتغلين فى هذا المجال على أن يشاركونا الموافقة على عدم البدء فى تجارب من الضرب ١ أو الضرب ٢ السابق الاشارة إليهما ، حتى تجرى محاولات تقييم المخاطر ، ولحين إنجاز بعض الحلول للمشاكل الرئيسية .

بول بيرج ، الرئيس
دافيد بالتيمور
هربت و . بوير
ستانلى ن . كوهين
رونالد و . دافيز
دافيد س . هوجنس
دانييل ناثانز
ريتشارد روبلين
جيمس د . واطسون
شيرمان وايسمان
نورتون د . زيندر

لجنة د ن ا المطعَّم
جماعة الجزيئات لعلوم الحياة ،
المجلس القومى للبحوث ،
الأكاديمية القومية للعلوم ،
واشنطون ، دى سى ٢٠٤١٨

وكالمتوقع ، قامت فى بريطانيا مجموعة عمل من كبار العلماء ، للتفكير فى تضمينات تعليق النشاط ، على رأسها لورد آشبى ، وهو بيولوجى شهير ، عمل لفترة رئيسا لكلية كلير فى كامبريدج . ونحن نعرف أن المؤسسة العلمية البريطانية قد رُكِّبت بدرجة من الإحكام عالية ، حتى أنه عندما ظهر تقرير هذه اللجنة فى يناير ١٩٧٥ ، طُلب من واحد - يجثم دائما بالكثير من اللجان الحكومية - أن يعطى إجابتين مختلفتين لسؤال واحد عن الوثيقة التى اشترك فى صياغتها . وقد زرع تقرير آشبى فى الوجدان العلمى العالمى فكرة حصر التجارب داخل السلالات البكتيرية المستضعفة ، وفكرة إنشاء مجموعة استشارية علمية تدرب العلماء على مستويات مأمونة من الأداء المعملى لم يكونوا - بغيرها - ليحاولوا وصولها . وقد ذاعت هذه الاقتراحات الرفيعة المعقولة فى مؤتمر أزيلومار الذى عقد فى كاليفورنيا فى مارس ١٩٧٥ .

كان هذا هو الاجتماع الذى اقترحه خطاب بيرج وزملائه ، وقد عقد لصياغة موقف متفهم متماسك بالنسبة لمخاطر المعالجة اليدوية الوراثية ، وكانت الدعوة لحضوره تعنى أن الشخص على مستوى علمى خاص ، واتخذ الاجتماع - بين البيولوجيين - شكلا ذا طبيعة أسطورية ، وتحدث عنه البعض بطريقة من يقول«لقد كنت فى شارع كيبل عندما قتلوا موزلى»أو«دخلت رئاسة الفاتيكان» ، ويخيل إلىَّ أنه كان مثل الكثير من المؤتمرات الدولية ، تدور فيه التجارة بشكل غير رسمى ، ويضم بعض الأذكياء ممن يبحثون عن عمل فى معامل المنافسين . وليس من المستبعد أيضا أن تكون الجلسات الرسمية قد سيطرت عليها مجموعة محدودة من المتحدثين المغرورين ذربى اللسان ، يمثلون أدوارهم : مهرج أورجل دولة عجوز أو تركى شاب أو متشكك أو مزعج ، بجانبهم سكرتيرة نشطة تقوم بتوصيل ذكور مدللين قليلى الحيلة لطائراتهم . كان اجتماعا خاصا ، وإن كان قد سُمح بدخول بعض الصحفيين ، وقد سُجل الاجتماع كله من أجل الأجيال القادمة ، وظهر أفضل وصف له بعد انتهائه بوقت قصير فى مجلة رولنج ستون (الحجر المتدحرج) وكان وصفا يبين بالضبط ما تستطيع الصحافة الحديثة أن تفعله فى نقل أخبار العلم .

صورت مقالة ميشيل روجرز بعضا من استعراض القوة الذى جرى فى المؤتمر ، فقد وصف بعضا من حركات منظمى الاجتماع ومللهم وهم يواجهون احتمال فشل مجهوداتهم إذا لم ينته الاجتماع بموافقة إجماعية ، كما بين جهل علماء الولايات المتحدة المطبق بمسئولياتهم القانونية كمديرين لمعامل تستعمل مواد خطرة . لقد تمكن روجرز باستهتاره ورفضه الاذعان لممثلى السلطة ، من الاقتراب من الحقائق السياسية للعلم أكثر من غيره من الصحفيين المهذبين ، ولكنه صاغ تفاهات المؤتمر بطريقة جذابة جعلت حتى المشتركين يحبونه . وآه لو أمكن دائما أن تعرض من الندوات مثل هذه التفاهات والخداع والمراوغة والغرور !

كانت مهمة اجتماع أزيلومار هى وضع اللوائح التى يمكن أن تنظم بحوث د ن ا المطعَّم ، بتحديد طرق احتياطات الأمان التى يجب اتخاذها فى التجارب المختلفة ، كان الهدف فى تلك المرحلة هو التأكد من أن خطورة العمل - على منضدة المعمل - بالكائنات الدقيقة المطعَّمة ، ليست بأكبر منها فى أى تجربة ميكروبيولوجية أخرى . وعلينا أن نتذكر أنه بالرغم من أن أحدا لم يفعل من هذا شيئا ذا أهمية فى منتصف السبعينات ، فإن بحوث المعالجة الوراثية اليدوية كانت قد بدأت بالفعل فى المجال الصناعى . كان الأكاديميون ، الذين لا يعرفون إجراءات الأمن الصناعى ، هم المهتمين بتحديد معايير سلامتهم الشخصية والتأكيد عليها . كانت القضية الأساسية هى : كيف نعرف أن اللعب بالجينات

هكذا شيء مأمون ؟ كانت المشكلة بالنسبة للعلماء ضيقى الصدر هى أن إجابة عدد متزايد من الناس كانت « إننا غير مقتنعين بأنه مأمون » بل وكانت إجابة من هم أكثر ثقة « إننا نعرف أنك لا تستطيع أن تعرف أن هذه التجارب مأمونة ، مهما قلت فى هذه المرحلة » .

الضغوط الشعبية من أجل قانون تنظيمى:

والحقيقة أنه فى نفس اليوم الذى نَشرت فيه المعاهد القومية للصحة لوائحها للباحثين الأمريكيين (وهى الهيئة الحكومية الرئيسية التى ترعى البحوث الطبية البيولوجية فى أمريكا) وقعت مواجهة شاملة بين العلماء الأكاديميين بجامعة هارفارد وبين ممثلى المجتمع المحلى بكامبريدج . كانت هناك من ناحية مجموعة هارفارد من علماء البيولوجيا الجزئية ، توجعهم الرغبة فى إنشاء معمل جديد لآخر أبحاث التطعيم الجينى ، ومن الناحية الأخرى كان هناك ألفريد فيلوتشى عمدة كامبريدج ومعه ائتلاف من المواطنين المهتمين بالموضوع ، كان فيلوتشى ـ الرجل الشعبى الصريح ـ يسعد باستخدام أية قضية ـ مهما كانت سخيفة علميا ـ فى توجيه الاهتمام نحو ما يرى أنه حلقة أخرى جديدة ، تستغل فيها مدينته من قِبل جامعة متعجرفة غاية فى الثراء .

وتبعا للوائح الصحية العامة ، يجوز لمجلس المدينة أن يناقش أية مشاريع لإنشاء معامل جديدة ، ولقد عُرض فى اجتماع عام مشحون فى يوليو ١٩٧٦ طلب مارك بتاشنى ـ عالم البيولوجيا بهارفارد ـ لبناء معمل ب ٣ الجديد (وهكذا سمى المعمل بسبب المعايير الصارمة لحاويات منع الانتشار الداخلة فى تصميمه) ، وظهر ـ من بين ما ظهر ـ أن المبنى الذى سينشأ المعمل بداخله موبوء بنمل حامل للاشعاع ، لم يمكن ـ لفترة ـ إبادته ، وإذا ماكان الأمر كذلك ، هكذا قال المتشككون ، فهل يستطيع أحد أن يتحدث عن حاويات للبكتيريا محكمة مأمونة حقا ؟ . . حاويات استطاع النمل أن يتخفى بها ويتجول ؟

وقد تم على الإثر تكوين لجنة من المواطنين غير الخبراء لفحص المشكلة ، كما فُرض أثناء ذلك نصف حظر على العمل فى هارفارد ، وكان تقرير اللجنة مثالا للعقل العام . وابتدأ العمل فى المعمل الجديد عقب ذلك ، بعد أن هرب بعض العلماء إلى مناطق أخرى فى مجتمعات أكثر تسامحا . وخلال كل هذه الملحمة لوضع لوائح الأمان تكرر التهديد من العلماء والشركات ، ولاسيما من المتهورين : « إذا لم تتركونا نعمل هنا فسننتقل إلى حيث نجد المواطنين أكثر ودا » . وفى أحد المؤتمرات فى سنة ١٩٧٩ قدم شارلس فايسمان ، وهو باحث من زيوريخ يرتبط الآن

مع شركة بيوجين للبيوتكنولوجيا ، قدم كارتونا فى عرض تقنى (وفى هذا إشارة مؤكدة لسمعة حصينة) لباحثين مشهورين فى مكتب سفر بأحد المطارات ، وكل يحمل تُرمسا يحوى بكتيريا بحوثه ، وكل يندفع فى اتجاه مختلف ، وقد قهقه الحاضرون سعادة وهم يشاهدون العلماء يهربون من المحاكمة ، نجو المعمل الموعود .

وبحلول خريف ١٩٧٦ كانت هناك مجموعتان من اللوائح لبحوث د ن ا المطعَّم ، إحداهما فى الولايات المتحدة ، وهى موسوعية معقدة وصارمة ، والثانية عن لجنة حكومية بريطانية أخرى ، وكانت مرنة عملية شُكلت على نظام السوابق لا القانون التشريعى ، وقد اختارت الحكومات فى العالم المتقدم هذا النموذج أو ذاك ، كما اختار البعض منها خليطا من الاثنين ، وشكلت لجان لفحص وتنقيح اللوائح . أما اللجنة الأمريكية فتعقد اجتماعاتها مفتوحة وتنشر وقائع جلساتها وتسمح لغير الأعضاء بوقت للتعليق فى اجتماعاتها ، وهى لا تخفى المعارك الدورية التى تحدث باللجنة ، وتسمَّى هذه اللجنة الآن باسم « اللجنة الاستشارية للـ د ن ا المطعَّم » (ل ا د م) ، وأصبح العلماء الآن يتحدثون عن عضويتهم لهذه اللجنة فى إشارة جلية للتعذيب فى القرون الوسطى .

ومن ناحية أخرى سنجد أن اللجنة البريطانية ـ الجماعة الاستشارية للمعالجة الوراثية اليدوية ، ج ا م و ى ـ تجتمع فى عزلة رسمية ، يقسِم فيها الجميع على السرية ولا تنشر وقائع جلساتها بالرغم من ظهور عدة تقارير سنوية . ويوقع أعضاؤها الجدد على لائحة الأسرار الرسمية ثم يلقنون تعريفا مستفيضا بقواعد الحيطة المفترضة فى زوار آلة الحكومة البريطانية ، ولكنها ،على عكس ل ا د م ، ـ فى نظامها الأصلى على الأقل ـ تضم ممثلين عن اتحاد نقابات العمال وعن « المصلحة العامة » .

وقد هُمِّشت وأُرهقت وأُهملت اتحادات الجامعات ونقابات العمال التقنيين فى أمريكا مرارا وتكرارا ، حتى غدا العمل التقنى المنظم بلا سلطة يحسب حسابها ، أما فى المملكة المتحدة فقد اشترك اتحاد نقابات العمال بياقاته المنشاة ، وبنجاح ، منذ أوائل الستينات . وهناك جمعيات مثل جمعية الموظفين العلميين والتقنيين والإداريين (ج م ع ت ا) تتواجد فى شكل جماعات ضعيفة التماسك من العاملين التقنيين ، تربطها هيئة من الموظفين المحترفين الذين يرعون ويخدمون الصراع الاقتصادى لمجموع الأعضاء ، وقد ظفرت هذه الجماعة بالاعتراف بشرعية مصلحتها فى الصحة والسلامة فى العمل حتى من بعض المستخدمين العنيدين والمحافظين كالجامعات البريطانية والمعامل الحكومية ، وذلك على يد سكرتيرها العام كليف جنكنز (الذى كان يوما أعدى أعداء الطبقات العليا من الإنجليز ، وأصبح الآن نقابيا أكثر تهاودا) .

المخاطر المهنية فى علم المعامل :

فى منتصف السبعينات ، كانت المخاطر المهنية للعمل مع الكائنات الدقيقة الخطرة أمراً يهم المشتغلين بالمستشفيات والمؤسسات البحثية والجامعات ، وفى سنة ١٩٧٣ توفى بعض الأفراد بالجدرى فى مدرسة لندن العليا للصحة والطب الاستوائى ، وفى سنة ١٩٧٨ أصيبت عاملة تكنولوجية بالجدرى من معمل فيرولوجى سىء الادارة فى جامعة برمنجهام (التى وقفت ضد الاعتراف بجمعية ج م ع ت ا الإقليمية) وحيث يفترض أن تخضع عيادات الأطباء لمراجعة لجنة خبرة حكومية ، والواضح أن هذه اللجنة المسماة « الجماعة الاستشارية للكائنات الممرضة الخطيرة » (ج ا ك م خ) كانت قد وثقت فى تأكيدات زميل حميم بأن هذا المعمل مأمون فى الوقت الذى كان فيه يعمل فى جنون ، فى ظروف يعتبرها أقرانه غير مقبولة ، كيما ينتهى من بعض الأعمال قبل أن ينضب معينه من المال . وقد نزعت حادثة برمنجهام هذه الثقة من نموذج اللجان الاستشارية للأمن ، التى تتكون فقط من قادة الباحثين ، وقادت إلى إصلاح « ج ا ك م خ » نفسها ، فأصبحت الآن تضم ممثلى اتحاد نقابات العمال .

كان الكفاح إذن ضروريا لحدوث هذه التغيرات ، التى لم تحدث كنتيجة منطقية للحقيقة البسيطة بأن الجهاز التنظيمى لا يصلح ، فقد تمَّ فى الخفاء كثير من المشاحنات والمحاولات كيما يظل كل شىء على ما هو عليه . وقد أجرت وزارة الصحة والأمن الاجتماعى تحقيقا عن أحوال العمل فى وحدة الفيرولوجى قام به بروفسور شوتر ، وكان هو نفسه ـ فى وقت ما ـ عضوا فى (ج ا ك م خ) . وقد كشف تقريره عن عدد من المخالفات فى المعمل ، ولكن هذا لم يبلغ الجمهور إلا عندما تسرب للنشر فى مجلة (ج م ع ت ا) الدورية (عالم الطب) ، وكان هناك تهديد بالمقاضاة ، تحت قانون الأسرار الرسمية ، ولكن هذا لم يصل إلى المحاكم ، وعندئذ رفعت (ج م ع ت ا) قضية ضد جامعة برمنجهام نيابة عن السيدة التى ماتت هناك ، وقد ثبت فى هذه القضية أنه من المستحيل تحديد المسئولية عن معايير الأمان فى وحدة الفيرولوجى (بعد أن انتحر مديرها) ، لأنه لم يكن من المستطاع ربط إصابة مسز باركر ـ بشكل لا يدع مجالا للشك ـ بالعمل الذى كان يجرى فى الطابق أسفل مكتبها .

شهدت أواخر الستينات وأوائل السبعينات ارتيابا لدى عامة الناس وشباب العلماء الأكثر تطرفا ، فى قدرة كبار العلماء على السيطرة على المخاطر التى يخلقها العمل فى معاملهم ، وفى نفس هذه الفترة أصبح العمال الذين يواجهون المخاطر

فى عملهم مع الكائنات المعدية والمذيبات الكيماوية والإشعاع والمواد المشعة ، أصبحوا وقد تزايد قلقهم من الدعاوى التى يطلقها رؤساؤهم المبجلون من أن أمن الأمان فى المعامل يشغلهم ، أو حتى من قدرتهم على معالجة هذا الموضوع ، وقد فضحت حادثة برمنجهام بشكل صارخ ما تعنيه مثل هذه التصريحات الإدارية أحيانا من مدى الاهتمام بالقضية ، فقد أفادت الطريقة التى وقعت بها عن طريق حملة اتحاد نقابات العمال لزيادة الاهتمام بلوائح السلامة ، أفادت فى تأكيد ما يعرفه الكثيرون من عمال المعامل من زمن طويل ، من أنه لا يصح أن يُسمح للعلماء الطموحين فى التخصصات الدقيقة بتحديد ماهية المخاطر التى يمكن اعتبارها مقبولة لدى مرءوسيهم .

وعندما قامت الجماعة الاستشارية للأمن فى المعالجة الوراثية اليدوية (ج ا م و ى) فى سنة ١٩٧٦ ، حاول اتحاد نقابات العمال التأثير على شيرلى ويليامز ، الوزيرة المسئولة فى حكومة العمال . لتمثيل الاتحاد فيها ، وقد سُمح لـ (ج م ع ت ا) بممثلين اثنين ، وسُمح لاتحاد نقابات العمال (ا ن ع) بممثل ، وبممثل آخر لمعهد خادمى المجتمع المحترفين ، وهو اتحاد العلماء الحكوميين .

وفى خضم مثل هذه المعارك التى ضمت قطاعا كبيرا من أعضاء ج م ع ت ا المشتغلين فى الوظائف الفنية بالجامعات والمعامل الحكومية والصناعة ، وجد كبار موظفى ج م ع ت ا ومستشاروهم أن تورطهم فى وضع لوائح للـ د ن ا المطعَّم كان رأس جسر إلى ساحة النزاع الضارى لتخطيط العلم وإدارته فى بريطانيا ، لهذا ، ورغبة من هذه الجمعية أيضا فى أن تظهر لأعضائها ولغيرهم من العلماء ارتباطها مع ج ا م و ى ، فقد قامت بتنظيم مؤتمر عن الهندسة الوراثية يعقد فى أكتوبر ١٩٧٨ فى لندن ، وقد تحول هذا المؤتمر ليصبح المؤتمر الأوحد الكبير للمناقشةالعامة لبحوث د ن ا المطعَّم فى بريطانيا ، لا يناظره فى المدى والأهمية بالنسبة لبريطانيا سوى الاجتماعات العلمية المهنية حيث الجدل السياسى أقل ما يمكن ، واجتماع خاص سنتحدث عنه فيما سيلى .

استأجرت ج م ع ت ا قاعة مركز رئاسة الجمعية البريطانية للصناعات الصيدلية ، وهى جمعية مصنعى الأدوية البريطانيين ، وقدمت للمؤتمرين وجبة من وجبات الطائرات ، وأغرت بعض السياسيين وبعض المتحدثين من مجال الصناعة بجانب موظفيها ليحاضروا فى جمهور مختلط ، كما استدعت بالطائرة أحد البيولوجيين الأمريكيين ، جوناثان كنج ، وهو اشتراكى ، ليتحدث عن المخاطر

الصحية التى خلقتها التكنولوجيا الحديثة ، ويصر على أن العمل مع الـ د ن ا لايمكن اعتباره استثناء .

ولقد برز شيئان فى ذاك اليوم . أولا : كان من اللافت للنظر هذا الإجماع العريض ـ الذى امتدَّ عبر جماعات سياسية خطيرة الشأن ، إلا فى هذا ـ على الثقة بأن كل البحوث الأكاديمية طيبة ، وأن أى تقييم اجتماعى عريض لما يمكن أن نجنيه من وراء البحوث ، هو شىء غير ضرورى ، بل وخطر ، ولم يكن هناك من لديه الاستعداد فى أن يفكر ناقدا فى نوع العائد المطلوب من البحوث الأكاديمية سوى اليسار المتطرف . ثانيا : لقد كشف الاجتماع عن كراهية كبار العلماء الواضحة لاشتراك اتحاد نقابات العمال فى العلم ، وعلى هذا ، فإن سيدنى برينر ، أحد علماء كمبريدج فى البيولوجيا الجزيئية ، وهو رجل تميز بأحاديثه الساحرة للجماهير عن الأمور الفنية ، هذا العالم ألقى خطابا يجعلنا نتساءل عما إذا كان الرجل قد أخذ مستمعيه مأخذ الجد .

انحسار مشاركة الناس فى العلم :

بتسارع عجلة بحوث الـ د ن ا المطعَّم فى أواخر السبعينات بعد رفع الحظر ، بدأ الاهتمام يتزايد بقضايا المخاطر البيولوجية المحتملة ، ولو أن معظم النقاش العام فى هذا الموضوع حدث فى الولايات المتحدة ، وقد امتد هذا النقاش أساسا فى المدن التى تحوى جامعة أو أكثر ، أو فى جلسات استماع حكومية خاصة ، ولائية أو فيدرالية . وعندما بدأ التفكير فى وضع تشريع يمكن به تحديد معايير العمل المتوقع لباحثى الـ د ن ا المطعَّم فى الولايات المتحدة ، قامت مجموعة قوية بالمناورة لحسر قوى الكونجرس المتعاطفة مع هذه الفكرة ، أما حجم الأموال التى أُنفقت فى هذا السبيل فهو غير معروف ، ولكن الحقيقة أن قدرا كبيرا من الوقت والطاقة والاثارة الموجهة قد بُذل فى عامى ١٩٧٧ و ١٩٧٨ بغرض نزع الثقة من الاقتراح بضرورة إصدار تشريع خاص لتقليل المخاطر .

وعندما أثيرت هذه القضية فى جمهورية ألمانيا الاتحادية سنة ١٩٨٠ ، جُمع فى بون جمهور كبير من ذوى الآراء المتباينة تماما بالنسبة للهندسة الوراثية ، وكان هذا الجمهور يُنقل يوميا بالأوتوبيسات إلى قاعة المؤتمر مرورا بقواعد الرشاشات التى تحيط بالوزارة الفيدراليةللبحوث والتكنولوجيا ، وهناك يستمع البرلمانيون بأدب للآراء المتضاربة . ومن الصعب أن نقول إن هذا كان جدلاً عاماً ، بالرغم من أنهم نشروا فى النهاية مجلدا ضخمًا عن أعمال المؤتمر . وليس هناك قانون ينظم بالتخصيص بحوث د ن ا المطعَّم فى ألمانيا الغربية .

كان من بين الآثار الناجمة عمّا أبداه العلماء من نقد متزايد للمعايير التى تتخذ للسيطرة على المخاطر المحتملة من المعالجة الوراثية اليدوية ، تشجيع كبار علماء البيولوجيا الجزيئية على تأليف لجنة دولية للتأكيد على أهمية المعالجة الوراثية اليدوية ، وعلى الحاجة للحد الأدنى من اللوائح . ولقد لعبت هذه اللجنة التى سميت كوجين دورا قائدا فى تقديم البيانات عن مخاطر البحوث إلى الحوار العام وفى تنظيم الاستعمالات اللاحقة ، لهذه المعلومات ، وأصبحت كوجين ـ بالفعل ـ مجموعة ضغط تسعى للحد الأدنى من القوانين فى هذه البحوث ، واستغل أعضاؤها كل معارفهم فى الحكومات عبر العالم لإبلاغ رسالتهم . وعلى العموم ، فقد كانت كوجين هى التى حشدت الإجماع على أن بحوث الـ د ن ا المطعَّم بحوث مأمونة ، ولا نقول هذا أبدا لنطعن فى النزاهة العلمية لأعضائها ، وإنما لنقدمهم كجماعة من العلماء والمدراء النشطين المدعمين جيدا ، تعمل فى تناغم للوصول إلى هدف سياسى بطريقة ليست واضحة على الإطلاق لجماهير الناس .

كانت هناك استجابة أخرى للقلق العام والمهنى حول المخاطر الكامنة لبحوث د ن ا المطعَّم ، تلك هى محاولة بعض العلماء تَكْمِيَة المخاطر فيها . جادل هؤلاء بقولهم إنه من المؤكد أن صياغة هذه المخاطر فى شكل رقمى سيساعدنا فى تصور مدى خطورتها ، أما طرق التحليل فى هذه الحالة فهى تلك التى استخدمت بالفعل فى الصناعات الكيماوية والنووية ، وعلى هذا فعندما بدأ البيولوجيون فى شركة آى . سى . آى فى إقامة معمل للهندسة الوراثية فى رانكورن طلب منهم المهندسون الكيماويون الذين يديرون الموقع أن يقوموا بهذا التحليل .

كان العمل فى حقيقة أمره هو محاولة تحديد كل من عوامل نظام مركب ، ثم تصور الكيفية التى يمكن بها أن يفشل . ومن اللازم أيضا أن تحسب كل التوافيق الممكنة للإخفاق وللمشاكل ، ولكن حادثة القوى النووية التى حدثت فى « ثرى مايل أيلاند » قد أوضحت بشكل مثير كيف أن النظم التكنولوجية المركبة تتحدى مثل هذا التحليل . إن البكتيريا لا تقل عنها تعقيدا على الاطلاق . وبالرغم من ذلك فقد تعلق بعض العلماء بفكرة « التقييم الكمى للمخاطر » ، واستخدموها ليبينوا أن الموت من التسمم الغذائى هو أكثر احتمالا من الموت بسبب الأخطاء المحتملة فى معمل الهندسة الوراثية المحلى . وحتى لو أمكن إثبات صحة هذا ـ والشواهد التى يُرتكز عليها فى أى جدل فى هذا المجال شواهد واهية ـ فلا يلزم بالضرورة أن يفقد الجمهور اهتمامه بطريقة تقييم ومراقبة الأمن فى المعالجة الوراثية اليدوية . أوَليس احتمال العدوى بالجدرى فى أيامنا هذه ضئيلاً ؟ ولكن هذا

الاحتيال ما يزال موضوعا يهم المجتمع .

نظمت جمعية كوجين فى سنة ١٩٧٩ ـ بعد أربعة أعوام من اجتماع أزيلومار ـ مؤتمرا خاصا فى واى كويلدج ، المحطة الزراعية الخارجية بمقاطعة كِنت التابعة لجامعة لندن ـ وتماما كالاجتماع الأسبق ، سُجلت كل الوقائع الرسمية على شرائط ، لتشمل بعض الشهقات الجهيرة فى الميكروفون ، وبعض التجشؤات والنكات المريضة والسفاهة والشتائم (وقد طُهِّر الشريط عند نشره) ، وقد استُبعدت الصحافة فى بادىء الأمر ، ثم سُمح لثلاثة من المراسلين المفوضين بالدخول ، ليجدوا أنفسهم وقد هوجموا كلما تكلموا .

وقد خُصص الجزء الأكبر من وقت المؤتمر للمناقشات الحنون عن الإنجازات التقنية الأخيرة ، كما خصص أيضا بعض الوقت لمناقشة تقييم المخاطر : كم من الوقت يا ترى تستطيع الكائنات الدقيقة المعملية المستضعفة أن تعيش فى القناة الهضمية للإنسان ، إذا دخلَتها ، قل مثلا ، بسبب فنجان قهوة سريع فى معمل أثار فيه أحدهم سهوا ضبابا من البكتيريا ؟ هل يمكنها أن تنجو من الموت فى المجارى أو فى المصارف إذا ما ألقاها أحد الأشقياء فى البلاعة ؟ .

كان الغرض من هذا ومن غيره من الأمور الملغَزَة هو إقناع الحاضرين بأن اللوائح المثيرة لمعالجة هذه البكتيريا كانت صارمة أكثر من اللازم ، وأن الاجتماع لابد أن يوافق على نشر بيان قوى ينادى بتخفيف اللوائح ، ولكن هذا لم يحدث فى هذا المؤتمر ، فقد حَرَن واحد أو اثنان من المتشككين ذوى النفوذ ورفضا تأييد مثل هذا البيان العام ، وكان هذا كافيا لأن يضعف البيان النهائى ، وبدا على المنظمين السخط الشديد بعد أن فشلت مخططاتهم التى رُسمت بعناية .

كان هناك فى الاجتماع نوع من الضجر المرهَق بسبب أن الأمان فى كل بحوث د ن ا المطعَّم لم يحقق بعد تماما ، وكان جو المؤتمر وكأنه اجتماع خاص للتفاهم بين ملاكمِين علميين من الوزن الثقيل أجهدتهم حلقات طويلة من الملاكمة ضد خصوم عنيدين ، خصوم قال عنهم جيمس واطسون بالفعل وبطريقته المحببة إنهم « زبالة ، مثيرون للضحك ، وقاصرون » . وعندما تحدَّث أحد الأمريكيين من خدام المجتمع ممن خدموا الـ « ل ا د م » بالنيابة عن مدير المعاهد القومية لبحوث الصحة (الذى استبقى فى الولايات المتحدة بأوامر من الرئيس كارتر بسبب حوادث ثرى مايل أيلاند) نجد حديثه وقد تخلله عرض لبعض الشرائح تبين الناقدين لبحوث د ن ا المطعَّم وقد فاجأتهم العدسة فى أوضاع غير لائقة أو فكاهية ، وكما هو مفروض ، فقد أعجب الحاضرون بها . كان سلوكا غاية فى الغرابة من موظف عام يُفترض فيه الحيدة ، وربما لم يعادل هذا إلا ما قالته

الرئيسة الجديدة لـ « ل ا د م » عن لجنتها : « لن يُسمح لنا بالموت حتى نتقيأ ما يكفى » .

كانت أيضا كاشفة - وبطريقتها الخاصة - تلك الفورات من العُدوَان الحقيقى ، لا ضد الصفوة العلمية ، وإنما ضد من تجرءوا بالتعليق موافقين على الفكرة الأصلية بتعليق النشاط البحثى على أنه عمل اجتماعى مسئول ، وتجرءوا على أن يصلحوا من صياغة التأريخ الذى كُتِب ، وأن يثيروا الأسئلة عن الحرب الجرثومية ، وأن يشيروا إلى أن لعمال المعامل فى اتحاد نقابات العمال التقنيين رؤيتهم الخاصة بالنسبة لقيمة البحوث ، رؤية تختلف عن رؤية مديرى المعامل المستخدمين ، أو أن يقترحوا أن الاستبعاد القبيح المتردد للصحافة كان فكرة غبية . لقد أثير كل هذا ، وفى كل موضوع منها كان واحد من كبار العلماء يتصدى ليأخذ دوره فى الرد . كان هذا على أى حال اجتماعا خاصا ، يبلغ رسم دخوله مائة جنيه . وكان المرجح أن تمضى المشاحنات القليلة فيه دون أن تروى . وهذا ما كان .

أما ما ظهر فعلا فى تقارير وسائل الاعلام فقد كان ذلك الانشقاق فى آراء العلماء بالنسبة للأساس الذى تبنى عليه قراراتهم ، والطريقة التى يصح بها أن تعـرَض على الجمهور أية تغييرات فى القرارات ، كانت هناك زمرة لم تجد داعيا للانزعاج من أى تغير جذرى فى تقييم حجم المخاطر الكامنة ، تغير من : « ربما كانت كبيرة » إلى : « إنها بالتأكيد تافهة » . واعتقدوا أنه من واجب الجمهور أن يقبل ذلك ، وكما قالها بوب بريتشارد ، أستاذ الوراثة بجامعة ليستر ، مع التصفيق الحاد ، « للجمهور حق واحد علينا ، وهو الحقيقة كما نراها » . أما الزمرة الأخرى ، التى ضمَّت من بين أعضائها مارك ريتشموند - الذى كان عندئذ أستاذا للبكتيريولوجيا فى جامعة بريستول وعضوا فى ج ا م و ى - فقد وجدت أن هذا الموقف ساذج سياسيا ، وأنه مبنى على تضخيم خطير لمدى التعويل على الأحكام التقنية . إن القرارات السياسية - كتعليق النشاط مثلا - لا يمكن أن تمحى بمثل هذه السرعة .

كان السبب فى هذه النوبة الجماعية المجنونة هو فكرة اللائحة وتطبيقها ، لقد شعر علماء البيولوجيا الجزيئية أنهم يقيَّدون فى الواقع بقواعد سلوك غير ضرورية لا علاقة لها على الاطلاق بالأخطار الواقعية لعملهم كما يتخيلونها ، ولقد شعر البعض منهم بأن مجتمعاتهم قد أفسدتها الإيماءة الأولى بتعليق العمل ، فلو أن هذا لم يحدث - هكذا يقولون - لما ظهرت أبدا هذه الضغوط السياسية لوضع لوائح معينة .

لا غرابة إذن أن يشعر جيمس واطسون وغيره من الموقعين على وثيقة بيرج بأنهم مذنبون . فإذا ما قيل لهم إن ما فعلوه كان شيئا يستحق الثناء ، صروا على أسنانهم يأسا وزأروا بالإحباط ، لقد أصبحت المشكلة هى كيفية خروجهم من هذه الورطة وإلغاء اللائحة التى طالبوا بها من قبل ، كيف يستطيع العلماء إجراء مثل هذا التغيير الجذرى للمبدأ ؟ يَدّعون أولا أن عملهم يتضمن أخطارا ، ثم يعودون بعد أربع سنين ليدعوا أنه مأمون ولا شك . ويقولون بعد ذلك إن كلا الادعاءين معقول ومسئول وغير متحيز ؟ .

أمـا ما حدث فقد كان برنامج استرخاء تدريجى ، يزيد من سرعته تلك الانفجارات العنيفة العرَضية التى تصدر من الباحثين الساخطين ومن الصناعة ، وتساندها المقارنة الدائمة بين درجة الصرامة النسبية للّوائح فى الدول المختلفة ، ففى المملكة المتحدة ، نجد أن آليّة اللوائح ، المبنية على نصائح ج ا م و ى لإدارة الصحة والسلامة ، قد صمدت ، بتغيير أساسى فى الطريقة التى يُنظر بها إلى مخاطر العمل مع الكائنات الحية الدقيقة المطعَّمة (وهى مراجعة إجرائية ترجع لسيدنى برينر) وفى أيلولة السلطة إلى مستوى المعمل ، وسنجد واقعيا أن قدرا كبيرا من العمل المعملى فى التطعيم الجينى لا يحتاج إلى احتياطات خاصة ، وأن الكثيرين من العلماء لم يعودوا يفكرون فيما إذا كانت أبحاثهم تشكل أية مخاطر خاصة .

ج ا م و ى : هل هى طفل مريض ؟

فى عيد ميلاد ج ا م و ى السـادس ، قيل إن الطفل عليل ، وأن هناك إشـارات بأن تجربـة الاشراف الاجتـماعى على المجـالات الجديدة من البحوث ستنتهى قريبـا ، وهذه التجربة لم تكن أبدا ممارَسة لديمقراطية المشاركة ، وإن حدثت أحيانا حالات عرضية . فلم يُعرف أبدا بالضبط ما هو المفروض أن يقوم به ممثلو « الاهتمام العام » أو ما هو المسموح به لهم ، ولو أن بعضهم قد كتب مطولا عن دورهم كما يرونه .

لم يشعـر بعض ممثلى اتحاد نقابات العمال بالراحة مع القيود التى تفرضها لائحة الأسرار الرسمية على قدرتهم على إبلاغ ما يحدث للأعضاء . أما الصناعة فكانت من ناحيتها تريد لجنة قد أحكِم إغلاق فمها بأختام تضمنها لائحة الأسرار الـرسمية ، حتى لا يُرفض أى طلب لحماية حقوق الاختراع ـ على أية منتجات نشأت عن بحوث راقبتها ج ا م و ى ـ بسبب سبْق إذاعة سرها .

أما طريقة العمل فى « ج ا م و ى » كما وصفها أول رئيس لها فيشير إلى

تسلسل هرمى مضمَر من الخبراء ، يقع العلماء فيه على القمة أو على مقربة منها . وقد كافح ، وبحماس ، واحد من ممثلى الجمهور ، اسمه جيرى/رافيتز ، ليدفع ج ا م و ى لأن تأخذ مهمة تحليل المخاطر ، تلك المهمة المعقدة ، مأخذا جادا ولكن آراءه صادفت أرضا حجرية حتى قُرْب نهاية مدة عضويته عند ما طُرد بسبب خطيئة لم يُكشف عنها ، وكانت هذه هى الواقعة الوحيدة ـ فيما أعرف ـ التى خرج فيها شخص على غير رغبته .

يدعى مؤيدو « ج ا م و ى » أنها على الأقل قد دفعت علماء البيولوجيا الجزيئية أن يأخذوا موضوع الأمان فى عملهم مع الكائنات الحية مأخذ الجد ، وهذا على ما أظن صحيح ، فقد تخلى بعضهم على الأقل عن اللامبالاة بالنسبة لأمن العمل عندما واجهه التهديد بأمر حظرٍ كاد أن يغلق تماما إحدى كليات العلوم .

لم تكن ج ا م و ى وأقاربها فى الدول الأخرى سوى تجارب ، وهناك عنها ، على الأقل ، ثلاث ملاحظات مختلفة . فقد كانت بالنسبة للمدراء العلميين والرسميين الحكوميين وسيلة مناسبة لكبح جماح الفرق المعارضة وتحويل الاختلاف فى الرأى إلى شىء مفيد عندما يكون الوضع غير واضح . وقد قدمت حلا رخيص السعر لمشاكل الاستقطاب السياسى ، كما أمكن استخدامها فى تهدئة الخلاف واحتوائه . وهى لم تخِل بأى من التقاليد الرئيسية للسلوك السياسى . كانت سوابق ، ولكن سوابق غير مزعجة . وقد سمحت بأن تترجَم بعض البيانات غير المؤكدة إلى سياسة . وقد اعتنق هذا الرأى بالتأكيد أكثر العلماء صبرا وأكثرهم دربة فى السياسة ، وكانت اللوائح فى هذا الشكل المخفف ثمنا يستحق أن يُدفع كيما يستمر تعضيد التجارب ، إذا كان من الممكن بيعها للعلماء فى معاملهم .

أما بالنسبة للكثير من البحاث الأقل دراية بالإدارة الفكرية والمكائد السياسية ، فقد بدت ج ا م و ى وأمثالها من الهيئات إهانة للعقل وتهورا مضحكا ، وقد رأى البعض أن الرفض الصريح للتعاون معها سيساعد بالتأكيد على تحطيم شرعيتها وسيسمح بالعودة السريعة الى أبسط اللوائح ، كما رأى البعض الآخر أن إنكارا واضحا أمينا من موقّعى وثيقة بيرج سيؤدى فورا إلى نفس النتيجة ، فالصراحة سلاح ممتاز .

وقد كانت ج ا م و ى ـ فى ردائها الثالث ـ عند جماعة صغيرة جدا من العلماء الراديكاليين وبعض النقابيين الملتزمين بالتغير الاجتماعى ، هى فرصة لكسب قدر من اشتراك الجماهير فى تخطيط العلم ، فإذا ما سمح لغير الخبراء بالاشتراك فى تقييم مخاطر العلم ، فلابد أنهم سيقومون أيضا بخدمته ، وعلى ذلك فقد اعتبروا أن

ج ا م و ى هى موطىء قدم ، هى مكـان لمن استبعـدوا من السلطة ليوضحـوا الحاجة فى المستقبل لإشراكهم . ولكنى اعتقد أن هذا الأمل قد قهر تماما .

وقد قالتها دونًا هابر ، إحدى ممثلى ج م ع ت ا فى ج ا م و ى : « لابد أن نشترك فى عملية اتخاذ القرار فى قضايا الاستثمار والتمويل وسياسة العلم والصحة والأمن » ، وقد أدرك كبار العلماء هذه الرغبة وقاوموها بعنف ، فهم يرون أنه من غير المعقول أن يشغل اتحاد نقابات العمال نفسه فى مناقشة الاستراتيجية العلمية وتوزيع الاعتمادات ، وهى قضايا تؤثر بلا جدال فى العمالة والتأمين المهنى وظروف عمل أعضائها ، دعك من النمو الصناعى والصحة والصالح العام . وقد قال سير جوردون هولستنهولم ، بلهجة الريبة والقنوط : « إن الاتحادات ترى فى اشتراكها الشرعى فى قضايا الصحة والأمن فى العمل فرصة لبسط نفوذها ، ربما إلى حد السيطرة ، على صناعة القرار بالنسبة لمشاريع البحوث . . . إن المهمة كما تراها مجالس البحوث ومؤسسات التمويل مهمة صعبة حتى عندما يكون النقاش بين العلماء » . وبالرغم من تصميم بعض ممثلى نقابات العمال على اقتحام الطرق التى تُصنع فيها القرارات بحقل العلم ، فإن كبار الموظفين العلميين لم يجبَروا على أن يشركوا معهم نقابات العمال فى سلطة اتخاذ القرار ، كما قام كبار العلماء فى نفس الـوقت ـ دون أدنى إحسـاس بالانفعال أو الخطأ أو المخاطرة ـ بمحاولة لزيادة إشراك الاستثمارات الصناعية فى صناعة الاستراتيجية العلمية .

حُدد عمل ج ا م و ى بدقة فى اعتبارات أمن المعامل والممارسة الصناعية فى تلك المجـالات من البكتريولوجيا التى تتضمن المعالجة الوراثية اليدوية ، وعن طريق الحنكة البيروقراطية أمكن حصر المتحمسين فى ج ا م و ى وفى ل ا د م فى هذا الركن بعيدا عن القرارات الخاصة باستخدام الاعتمادات المالية فى العلم . وفى خريف ١٩٨٢ بزغت مبادرة من اتحاد نقابات العمال لتحويل ج ا م و ى إلى جهـاز يختص بالأبعـاد الأخلاقية للهندسة الوراثية البشرية ، ولا أعتقد أنه من الممكن تحقيق هذا ، والعقبة فى مثل هذا التوسع فى تجربة إشراك الجمهور هذه ، هى تلك القوة المتزايدة لفكرة أن الخبرة التقنية ـ وحدها ـ هى التى تؤهل الفرد لمعالجة التضمينات الاجتماعية للتكنولوجيا الجديثة . وعلى أى حال فقد تحول تركيز الجدل فى البيوتكنولوجيا بعيداً عن مواضيع الأخطار المتوقعة إلى تشجيع الابتكار ، ولم تعد القضية الرئيسية الآن هى : هل هذه التجارب مأمونة ؟ وإنما أصبحت : كيف يمكن أن تنظم هذه البحوث بحيث تحقق ثمارها التجارية فى أسرع وقت ممكن ؟

كان المســار عجيبـا خلال هذه الفـترة القصيرة ، التى لم تتجاوز سنوات

عشرا ، وهنا سنجد أن التشبيه بالصواريخ ملائم تماماً : هناك عبارة قيلت وترددت كثيرا فى واى كوليدج سنة ١٩٧٩ « إن لدينا مشكلة مرتدة » . والواضح أن البيولوجيين هناك قد شعروا بأنهم قد قُذفوا إلى أعلى الغلاف الجوى للجدل العام ، حيث مكثوا يدورون سنين فى مدار لهم هناك ، وهم الآن يريدون العودة إلى حالة العزلة العلمية المألوفة ، والمشكلة إذن تكمن فى تحديد الزاوية الصحيحة كيما تخترق سفينتهم الفضائية الغلاف السميك لتشكك الناس . اجعلها حادة وستجد نفسك فى الفضاء مرة أخرى تناقش أهمية بحثك وأمنه مع أناس أنت أول من يعرف أنهم بلهاء . انطلق بأسرع ما يمكنك وستجد الاحتكاكات الاجتماعية وقد أنهت رحلتك نهاية مأساوية . ولكن فى سنة ١٩٧٩ كان هناك بالفعل قدر كبير من المال ينتظر الحسم الصحيح لهذه القرارات السياسية .

وعندما عقدت كوجين مؤتمرها الدولى الثانى فى روما سنة ١٩٨١ ، كان جدول الأعمال قد تغير تغيرا جذريا ، كان الموضوع الرئيسى للمناقشة هو مشكلة كيفية مواجهة أثر الضغوط التجارية على البحوث الجامعية ، ومن العجيب أن معظم من سبق له القول بإمكان معالجة مشكلة المخاطر ، كانوا أيضا ممن يرون أن التتجير لم يكن هو الآخر مشكلة حقا ، مادامت هناك قواعد للسلوك يوافق الجميع على الالتزام بها ، لقد صلحت هذه الطريقة مع الأخطار البيولوجية . . . أليس كذلك ؟ طبيعى أن الأمور قد ابتدأت - بالنسبة للوائح الأمان - بقواعد صارمة للغاية وحذرة ، ولكنهم - بالتدريج - تحايلوا على القوانين ، ولووها واغتصبوها وعدلوا منها لتصبح مجرد لا شىء . لا شك أنه من الممكن أن نفعل نفس الشىء ثانية . أليس كذلك ؟

البيوتكنولوجيا والاشراق الاقتصادى

تغير الشىء الكثير منذ أيام أوج مناقشة الأخطار البيولوجية فى أواخر السبعينات ، عندما تحدث فيلوتشى عمدة كمبريدج ، ماساتشوستس ، عن وحوش طولها سبعة أقدام تخرج من بلاعات بوسطن . لعل أهم ما حدث هو أن كثيرين من علماء البيولوجيا الجزيئية ، وبينهم معظم الموقعين على وثيقة بيرج ، كلهم تقريبا ، انخرطوا فى الصنعة إما كمستشارين صناعيين أوكمقاولين أو كمنفذين بالأجر للتطعيم الجينى لشركات الهندسة الوراثية ذائعة الصيت .

وقد أضفت هذه الاهتمامات على مشهد البيوتكنولوجيا شخصيتها الخاصة ، وهى تستحق مقدمة خاصة ، صحيح أننى فى قلب هذا الكتاب سأتحدث عن خطط ونشاطات شركات صناعية هائلة ، ولكن الوضع الحالى

للبيوتكنولوجيا يقول إن هناك دورا كبيرا تلعبه منظمات أصغر بكثير وأذكى بكثير ، منظمات تضج بالأفكار والمواهب والمهارات ، اتخذت هذه الشركات البحث حرفة لها ، فهى تبيع الخبرة فى تطوير المنتجات باستخدام أحدث الأفكار والتقنيات فى الهندسة الوراثية ، وهى تحقق ربحها عن طريق إرشاد الشركات الراسخة إلى تيه صناعى جديد ، يُنتظر منه أرباح هائلة .

ولأن الأبحاث المكثفة فى بيولوجيا الخلية لها أهميتها القصوى فى عمل هذه الشركات ، فإنها عادة ما تنبع فى معامل الجامعة أو الحكومة عن مبادرة لشخص مقدام أو مجموعة مغامرة من البحاث ، وهى تتميز بارتكازها على الخبرة بنظام أو تكنيك تجريبى ، وسنجد البعض من أكثر المشاريع نجاحا وقد تحول إلى خارج الجامعة لينمو بسرعة هائلة ، وقد طرحت أسهم البعض منها كشركات عامة برأس مال يبلغ مئات الملايين من الدولارات ، وستصبح أسماء البعض من هذه الشركات مألوفة لنا فى قراءتنا لهذا الكتاب : شركات مثل سيتوس ، وجيننتك ، وبيوجين ، وجينكس ، وسلتك ، وأجريجتكس ، وترانسجين ، وكال جين وغيرها . وهذا الشكل من النشاط البحثى ، الذى يجمع بين إثارة الكشف والفتنة المفترضة فى الصناعة الجديدة العالية التخصص ، هذا النشاط أصبحت له أساطيره الخاصة التى تقول : أن تصبح مهندسا وراثيا يعنى أن تكون رائدا كرجل أعمال ورائدا كعالم .

وسنجد أن كبار باحثى البيولوجيا الجزيئية فى الولايات المتحدة ، كلهم تقريبا يعملون بصورة ما كمستشارين صناعيين ، أو سنجد أن لهم استثمارا اقتصاديا فى البيوتكنولوجيا الحديثة أو ارتباطا مباشرا ذا أجر . ويحدث نفس الشىء تقريبا فى أوروبا ، ولو أن عدد الشركات التى أقيمت داخل الجامعات هناك عن طريق الممولين الأكاديميين كان قليلا . وقد دخل الحلبة أيضا حاملو جوائز نوبل لسنى ١٩٦٢ و ١٩٧١ و ١٩٧٢ و ١٩٧٩ و ١٩٨٠ . ومن المفروض أن حصولك على جائزة نوبل يعنى أن فرصة حصولك عليها ثانية تصبح غاية فى الضآلة ، ولكن فريدريك سانج حصل على جائزته الثانية سنة ١٩٨٠ من أجل عمله فى الـ د ن ا ، ولا شك أن عملك كمدرب ـ لا أكثر ـ لباحثين آخرين حتى نهاية خدمتك يصبح مثيرا للضجر إذا ما قارنته بتكديس كوم من المال ينفعك عند الإحالة إلى المعاش .

يبدو أن أسلوب كبار العلماء الآن هو : الاستشارات العرضية ، التى تقود إلى اشتراك أوثق خلال السنة السبتية ، يليها تقلد وظيفة طول الوقت فى شركة بيوتكنولوجية بعد الاستقالة من الوظيفة الجامعية . أما بالنسبة للعلماء الأقل شأنا ، فإن الانتقال إلى الصناعة يأتى بعد الحصول على الدكتوراه أو بعد بضع

سنين من العمل بعد الدكتوراه متحركا كمكوك بين شبكات التدريب الدولية ، ملتقطا الأفكار والمهارات والاتصالات .

وليس من الصعب إدراك الاغراءات ، ذلك إذا أهملت التنبؤات التى تقول بأن أربعا من كل خمس مؤسسات صغيرة ستفلس . لقد استقال العالِم كريستيان أنفنسن الحاصل على جائزة نوبل سنة ١٩٧٢ من منصبه فى الولايات المتحدة ليعمل فى إسرائيل فى عملية يمولها شارع وول ستريت ، ليجد أن الخطط قد تهاوت قبل وصوله ، ويبدو كما لو كانت الشركة قد تحطمت أثناء وجوده بالطائرة . فإذا أهملنا هذه النقطة ، فسنجد أولا أن هناك المال ـ الذى ينافس بنجاح الراتب الأكاديمى ، فإذا كان الفرد مطلوبا ، حتى ليُعرض عليه بعض من أسهم الشركة أيضا ، فمعنى ذلك : فرصة طيبة لربح مادى كبير خلال بضع سنين قليلة ، ثم هناك أيضا الإمكانات ، وذلك الشعور بالإثارة فى العمل بالصناعة النامية ، وهناك أيضا التخلص من هَمّ التدريس والإدارة .

ولما كانت البيولوجيا الجزيئية موضوعا للمنافسة العنيفة ، فمن المستبعد أن يعمل العلماء بها بجدية أكثر مما تعودوه فى البيئة الجامعية ، ولو أن هناك حكايات عن وقائع بطولية من التفانى العامى لحل مشاكل تقنية معينة ، وهناك أيضا الروايات عن علاوات مادية توزع أسرع قليلا من المعتاد . كما أننى أعرف رجلا أقابله بانتظام ، يبدأ العمل فى الساعة الرابعة صباحا وكثيرا ما يمتد عمله حتى الليل ، بالرغم من أنه كان يفعل ذلك أيضا عندما كان يعمل بالجامعة .

وأخيرا ، فمن الواضح الآن أن صناعة الهندسة الوراثية ترغب تماماً فى احتضان نظام من البحث ذى حرية نسبية فى تبادل النتائج والنشر فى المجلات الأكاديمية ، وفى عقد برامج الحلقات الدراسية التى تتضمن دعوة الأكاديميين للتحدث فى مواقع الشركات . فإذا ما نظر الباحث الشاب من منضدته فى معمل الشركة إلى الجامعة ، فسيبدو الوضع مشابها حقا لمعمله ، وسيكون الاختلاف فقط فى الراتب . ولكن ، فى اجتماع عُقد أخيرا للراغبين فى الاستثمار فى البيوتكنولوجيا ، حذر هرُأشيبُ الشبابَ من أن هذه الأيام الزاهرة لن تستمر طويلا ، فسيأتى قريبا زمن تندلع فيه الحرب بين الاهتمامات المختلفة ، وعندئذ ستتحصن ـ كالمافيا ـ كل جماعة علمية فى خنادقها استعداداً لحرب طويلة المدى . وحينئذ ربما شعر العلماء بثقل عبء الولاء للشركات لتهبط المهام البحثية من مستواها الحالى ، هذا الفخيم .

فإذا نظرنا فى الاتجاه الآخر من الجامعة إلى باج فالى ، فسنشهد منظرا يختلف تماما . هناك قلق حقيقى بين الباحثين الأكاديميين بالنسبة لسلوك

وأخلاقيات الزملاء القدامى الذين انغمسوا فى عالم الشركات ، وسبب هذا القلق هو أنه فى إمكان رجال الشركات أن يختطفوا الأفكار والنتائج وأن يحيلوها سريعا إلى دولارات أو إلى غيرها من العملات تحت حماية براءة اختراع . ولا نعنى أن التواصل فى العلم كان دائما نزيها ، على الأقل فى السنين الأخيرة ، ولكنا نعرف على العموم أنه إذا ما أرادت مجموعة من العلماء أن تكرر تجربة عالم آخر وأن تستخدمها بطريقتهم الخاصة ، فإن فى إمكانهم أن يطلبوا الطفرات أو الفيروسات أو الإنزيمات البكتيرية اللازمة ، ثم إنهم يتوقعون الحصول عليها ، إن يكن ذلك بعد فترة قصيرة يتم فيها إعداد الأبحاث للنشر لتأكيد أسبقية الكشف أو تقام فيها الدورة التالية من التجارب . لم يكن الجميع نبلاء .

هناك قصة ذلك الرجل ، الذى يُعتبر الآن قدوة فى الهندسة الوراثية ، والذى رفض أن يرسل فيروسا معينا إلى معمل منافسه ، وهذا خرق للبروتوكول الأكاديمى المعتاد ، ليدّعى منافسه أنه قد زرع الفيروس من خطاب الرفض على أية حال ، وربما كان هذا الفيروس قد سقط على الخطاب عندما وقع باسمه عليه ووضع كُمّ معطفه على الورقة . ولقد نجح النظام القديم عموما بسبب الرقابة داخل المعاهد المهنية ، وكان محررو المجلات بالذات فى موقع يسمح لهم بالإصرار على أنّ نشر الأبحاث يتوقف على تفهم الباحث لضرورة توفير مواد البحث لمن يطلبها ، وقد اضطر عدد من المجلات مؤخرا أن يذكّر القراء بأن هذا شرط أساسى ، ذلك لأن الضغوط التجارية تخلق عادات جديدة من السرية والكذب والسرقة ، وعلى هذا فالجامعات لا ترحب كثيراً بزوارها من قطاع الصناعة ، وأصبحنا نسمع قصصا عن المذكرات التى تُخفى بعيداً ، والنتائج التى تكتَب بالشفرة ، وعن الزملاء الذين يذهبون لتناول الغذاء فى وقت عودة زملائهم القدامى لزيارتهم .

هناك مشاكل مشابهة تحيط بالعلماء الذين يشغلون وظائف جامعية بينما هم ينفقون وقتا طويلا يبنون معاملهم التجارية الخاصة ، وقد أقام علماء البيولوجيا بجامعة كاليفورنيا فى سان فرانسيسكو ، حملة مركزة ليجبروا هربرت بوير على إبعاد أنشطته التجارية عن قسمهم بالجامعة ، بعد أن شعروا بأن عمله لشركة جيننتيك قد تسبب فى توتر العلاقات الأكاديمية وأخل بميزان البحوث فى القسم .

وفى جامعة كاليفورنيا فى دافيز ، طُلب من راى فالنتين ، وهو عالم نبات فى حقل البيولوجيا الجزيئية ، أن يُغير من علاقته مع شركة كال جين ومع شركة الكيماويات المتحدة ، وكال جين شركة بيوتكنولوجيا أقامها ابن أحد مليونيرات سليكون فالى . أما شركة الكيماويات المتحدة فقد قدمت لجماعة دكتور فالنتين

منحة للبحوث قدرها ٢٫٣ مليون دولار ، كما وافقت على أن تدخل فى شركة كال جين بحصة ٢٠ ٪ (٢ مليون جنيه) .

قد يكون من الصعب ، وربما من غير المرغوب فيه أيضا ، أن نفرض حظرا على البحوث التجارية فى الجامعات ، ولكن التوازن الرهيف للثقة والاحترام المتبادَل بين الزملاء المتنافسين ، أو على الأقل الغيرة الثابتة الديناميكية بينهم ، هذا التوازن يَسْهل أن يختل إذا ما أصبح هؤلاء أقل صراحة بالنسبة لمدى نشاطهم التجارى ومدى اهتمامهم بأبحاث الآخرين . وعادة ما يخفى الناس حجم ما يكسبونه من أعمالهم الإضافية ، على الأقل حتى لا يطلب البعض مشاركتهم فيه : معاونوه من الطلبة والسكرتيرين ومساعدى المعمل والزملاء الأحدث ، إذا لم نذكر أيضا المعمل الذى يعملون به ، أو ممول البحوث الذى يدفع فى الأغلب بعض النفقات غير المباشرة .

اقترحَت افتتاحية أخيرة بمجلة نيتشر أن يُطلب من الأكاديميين أن يفصحوا عن ارتباطاتهم التجارية فى جدول عام ، وهذه خطوة فى الاتجاه الصحيح ، ولكن هذا النظام لم ينجح مع أعضاء البرلمان حيث الحاجة إلى مثل هذا البيان أكثر إلحاحا ، كما أنه أيضا لا يصل إلى قلب الموضوع ، وهو سرقة أعمال الآخرين . فلقد قيل مثلا إن العرف السائد فى الاقتباس والشكر فى الأعمال المنشورة ، نقصد تلك المجاملات المهنية المهذبة التى ما زالت ضرورية والتى تَشير إلى الاحترام المتبادل وتدعمه ، هذا العرف قد تغير مؤخرا ، ذلك أن إثبات حق الترخيص ببراءة اكتشاف يغدو أكثر تعقيدا لو أن الباحث بيِّن أن عددا كبيرا من الباحثين قد مهدوا لإجراء التجربة ، وعلى هذا ، فكلما قل عدد من تذكرهم فى بحثك من العلماء ، كلما قل احتمال إشراك الآخرين فى الغنائم . إننى لا أقول إطلاقا إن المشرفين على البحوث لم ينشروا أبدا أبحاث طلبتهم على أنها أبحاثهم ، أو أن رؤساء الأقسام لم يطلبوا قدرا من الفضل لا يستحقونه ، فإن هذا يحدث دائما ، ولكن الوضع الآن مختلف بعد هذا الظهور الفجائى لمثل هذه المبالغ الهائلة من المال وماتُغرى به من انتحال آراء الآخرين ، ثم ما ينجم عن ذلك من المرارة الشديدة .

وكمثال لسوء الفهم الذى يمكن أن ينشأ بهذه الطريقة هناك ما حدث من جدل حول استخدام بعض الخطوط النسخية المنتجة للإنترفيرون ، والتى ابتكرها اثنان من الباحثين بجامعة كاليفورنيا فى سان فرانسيسكو ، فقد وزعا عينات منها على زملائهما ، ثم وصلت هذه العينات فى ظروف غير واضحة تماما ، إلى العلماء التجاريين فى مؤسسة هوفمان لاروش للأدوية وشركة جيننتك المتعاقدة معها ،

وكانت تعمل بجد لإنتاج الانترفيرون ، وهو عقار محتمل ضد السرطان ، وشعرت الجامعة أن ممتلكاتها - هذه الخلايا المستزرعة - قد نُقلت ظلما وخفية إلى جينتك ، التى استفادت منها استفادة مادية هائلة ، وأخيرا دُفع مبلغ كبير من المال للجامعة لتسوية الأمر ، ولستُ فى وضع يسمح لى بمعرفة إن كان هذا الذى حدث احتيالاً أو إهمالاً أو سوء تفهم حقيقى ، ولكن الجدير بالذكر على أية حال هو أن الطرف المظلوم الذى تلقى التعويض كان مغهداً لديه من الموارد ما يسمح برفع الأمر للقضاء ، ولم يكن شخصا وحيدا .

من الممكن بطبيعة الحال أن نعتبر هذا ثمنا للتقدم ، ونستطيع أن نقول إن مثل هذا الاحتكاك هو فى الأغلب انتقالى وقليل وتعليمى ، كما أنه لا يسبب أذى خطيرا ، وهو يشير أيضا إلى الحاجة إلى استخدام نظام تسجيل البراءات كوسيلة ثابتة لحماية الملكية الفكرية ، وإلى حاجة الأكاديميين لأن يصبحوا أكثر حماسا فى طلب حصانة البراءات هذه . ومن ناحية أخرى فإن تضخيم هذا النظام لن يكون كافيا إلا إذا كان لدى كل المشتغلين الموارد للدفاع عن حقوقهم ، والواضح أن الوضع الحالى ليس هكذا ، ففى إحدى ندوات العمل الأخيرة فى البيوتكنولوجيا ، أشار محامو البراءات إلى أن المنازعات فى براءات الاختراع يمكن أن تستخدم كشكل من أشكال الحرب الاقتصادية ضد المنافسين ، ولكن مهنة محامى البراءات المحترفين هى العمل على أىٍّ من الجانبين ، يقدمون النصيحة للبعض عن كيفية استخدام براءة الاختراع للحماية ، ويشيرون للآخرين بطريقة التهرب منها أو تحديها ، إنها عمل جيد إن مارسته . البراءات إذن قد تكون نعمة وقد تكون نقمة ، وسنعود إليها فيما بعد فى هذا الكتاب .

تستمد حرفة المقاولة السائدة الآن فى حقل البيوتكنولوجيا إغراءاتها مما أحاط روادها الأوائل من أساطير : المبتكر العبقرى والثروة السريعة . أما الأساس المادى لهذه الظاهرة فى الولايات المتحدة فيرجع إلى قوانين الضرائب ، فمن الممكن أن يوجَّه رأس المال إلى أعمال صغيرة تستغل بعض الابتكارات أو مفرزات بعض البحوث ، وتقوم بعض الشركات الكبيرة مثل شركة مونسانتو أو نيكل إنترناشيونال بتجنيب بعض أرباحها لتدعيم مثل هذه المشاريع الصغيرة ، كما تخصصت البنوك الرئيسية وبيوت المال والسماسرة ، فى توجيه الاعتمادات المالية من الشركات أو المؤسسات أو المصادر الخاصة نحو حماية المظلة الضرائبية البحثية ، ذلك أن الاستثمار فى سلسلة من المشاريع الجديدة التى تتميز بالمخاطر العالية ، بدلا من الاشتغال مع المؤسسات الراسخة ، يؤدى إلى عائد معقول من حاصل النجاحات والإفلاسات ، وكما قالتها مسز تاتشر عندما شرح لها هذا الموضوع فى شركة جينكس - وهى شركة للبيوتكنولوجيا تقع على مقربة من قلب واشنطون - « إن

فيها من الإثارة ما فى المراهنة على الخيل » ، وكما فى سباق الخيل ، إذا درسته ، يمكنك أن تُحيل الهواية المكلفة لحدِّ الكارثة ، إلى دخل معقول ، وإن لم تستطع أن تلغى تماما احتمال الخسارة . ورأس المال المجمَّع لمثل هذا الاستثمار المضاربى يسمى برأس مال « المخاطرة » أو « المجازفة » . أما طريقة استخدامه فقد تختلف بعض الشيء باختلاف مصدر المال ، وهل هو مال مقاول مجهول محَدود الموارد ، أم بيت مال ذى سمعة عالمية ، أم شركة صناعية « ذات جيوب غويطة » . وقد دخل فى هذا المجال روبرت سوانسون ، ليؤسس شركة جينتك ، مع البنك الأمريكى سيتيكورب ، واختار أن يشق طريقه وحده عندما ووجه باحتمال أن يرسَل إلى جنوب كوريا ، مجندا بوير كشريك له . أما شركة بيوجين ، وهى شركة بيوتكنولوجية أخرى ، فقد أنشأها رجل مارس هذا النوع من الأعمال لحساب شركة نيكل إنترناشيونال . ولمعهد الوراثة الذى أقامه بتاشنى عالم البيولوجيا فى هارفارد ، اعتمادات مالية من الودائع الشخصية الخاصة بعائلتى روكفلر وبالى . أما روتشيلد ، سليل العائلة البنكية المعروفة ، والذى عمل باحثا بيولوجيا لفترة ، فقد أجرى الآن وديعة للصرف مركزها جيرسى ، تسمى « الاستثمار البيوتكنولوجى ليمتد » . وعلى غير عادة المؤسسات المالية الكبيرة فى المملكة المتحدة ، أقامت شركة « برود نشيال إنشورانس » شركة تسمى « بروتك » لتستثمر أموالها فى مثل هذه المخاطرات البيوتكنولوجية . كما أقام مكتب سمسار البورصة ماكنالى مونتجومرى لعملائه مظلة للحماية من الضرائب تحت بنود لائحة التمويل لسنة ١٩٨١ ، تستثمر أموالها فى شركة كامبريدج لعلوم الحياة ، وهى شركة أقيمت للاستفادة من إنتاج البكتيريا لإنزيم معين هو اليوروكاينيز ، الذى يقوم بتحليل جلطات الدم .

هناك إذن جماعة كاملة مالية مميَّزة تقدم رأس مال المخاطرة لمقاولى « الطريق ١٢٨ » ، نقصد الطريق الرئيسى الخارج من كامبريدج ، بولاية ماساتشوستس ، حيث بدأت الشركات الصغيرة لاستغلال مفرزات الرادار والإلكترونيات الدقيقة والحاسبات ، فى التجمع منذ الستينات ، وكان لها ـ مثل غيرها من الظواهر المركبة ـ نموذجها الديناميكى الخاص فى التطور ، وقد وصف هذا التطور واحد من رجال الصناعة الأمريكيين ممن يشتغل بهذه الشئون بقوله :

« يبتدىء الأمر عندما يفكر المؤسسون فى إنشاء الشركة ، فيخصصوا لها مبلغا صغيرا جدا من المال . ثم يلجأون فى المرحلة رقم ٢ إلى من نسميه المستثمر المرشد للمشاريع ، وعادة ما يكون شركة من شركات رأس مال المخاطرة ، التى تقدم بناء على الفكرة والحاجة تمويلا يبلغ من ٢/١ مليون دولار ليُستثمر فى المرحلة رقم ٢ ، وهذا يدفع الشركة للأمام خلال أول سنتين ، ثم يحتاج الأمر تمويلا أكثر ـ المرحلة رقم ٣ . وعندئذ يلجأ المؤسسون إلى مستثمرين إضافيين أو إلى شركات كبيرة مثل شركة « داو » وتكون الشركة قد مارست العمل لفترة ، وربما كان لديها بالفعل تعاقدات بحثية ، وغدا هناك شعور دافىء نحوهم ، وربما كان هذا هو الوقت الذى نشترك فيه بأموالنا ، إن للمال الآن أهميته المعنوية ، ومازال فرصة الفشل كبيرة . وأخيرا نصل إلى اللحظة الهائلة ، عندما تطرح الشركة أول أسهمها فى السوق »

من بين تضمينات هذا النموذج أن عددا كبيرا من الشركات سيفلس ، أو يقلل من حجمه ، أو تبتلعه شركات أكبر ، ولقد أفلست بالفعل شركة سذرن بيوتيك ، وسرحت معامل بحوث بيشسدا ١٥٠ موظفيها فى سنة ١٩٨٢ ، وبيعت بالكامل شركات ديناكس والوراثية التعاونية ونيوإنجلند النووية (الشىء الذى ربما كان مربحا لمؤسسيها) .

وهناك تضمين آخر ، وهو أن الدعاية للإنجازات البحثية لابد أن تنسَّق بدقة لبناء الثقة فى الشركة قبل الفترات الحرجة فى هذه العملية ، مثل فترة طرح الأسهم فى السوق . وفى إحدى المقالات فى مجلة نيوإنجلند الطبية ادعى سبيروس أندريوبولوس ، ضابط الصحافة بجامعة ستانفورد ، أن هذا السبب بالتحديد هو الذى دعا شركتى بيوجين وجيننتك لإذاعة نتائج لم تكن قد وُثِّقت بالفعل بالنشر فى مجلة متخصصة ، ثم حاجّ بأنه إذا سمح لمثل هذا العمل بالانتشار ، فمن الممكن أن يؤخذ الكثير جدا فى التصريحات المبهمة على أنه حقائق ، وعادة ما تفحص مثل هذه الدعاوى فحصاً دقيقاً قبل أن تقوم المجلات المتخصصة بنشرها . لقد أصبح من الصعب رسم الخط الفاصل بين الممارسات التى تعتبر روتينا بالنسبة للمزاولات التجارية ، وبين المنهج التقليدى المدقق للأكاديميين ، وفى سنة ١٩٨١ ، عندما طُرحت أسهم شركتى جيننتك وسيتوس ، وهما من شركات البيوتكنولوجيا فى كاليفورنيا ، حدثت مشاهد عجيبة فى سوق المال بنيويورك ، ففى يوم البيع ارتفع سعر سهم جيننتك من ٣٥ دولارا إلى ٨٠ دولارا ، وقد قيل إن هذا كفَل لبوير ثورة حسابية تبلغ ٥٠ مليونا من الدولارات ،

ولم يكن هناك من يشير إلى ما قد كسبه الآخرون معه . لقد كان بوير هو البطل . ويمكننا أن نفترض أن كبار رجال الإدارة والعلماء بهذه الشركة - هؤلاء على الأقل - لابد أن قد أصبحوا من المليونيرات بعد نجاح عملية طرح الأسهم ، وسيكون لديهم الآن من المال ما يدعوهم للبحث عمن ينصحهم فى كيفية رعاية الثروة التى وقعوا عليها . من مثل هذه الخبرات يمكن خلق أساطير فعالة .

إلا أن المؤشرات المالية للبيوتكنولوجيا قد بدأت - فى معظمها - فى الهبوط بعد هذه الحوادث العنيفة التى وُصفت حالا . وتقوم المجلات الرئيسية الآن بنشر بيانات متزايدة عن الصناعة الجديدة لقرائها من العلماء ، إذ يفترض أنهم مهتمون بأسواق المال ، والحقيقة أن مجلة نيتشرتنشر بانتظام جدولا بأسعار أسهم شركات البيوتكنولوجيا ، يجمعه سماسرة وول ستريت .

تقدم البيوتكنولوجيا آمالا مثيرة ، فهى قد تقيم صناعات جديدة ، وقد تعيد الشباب لأخرى ناضجة راسخة مزقتها الأزمات ، وهناك فى مبانى الصوبات الخاصة بشركات الهندسة الوراثية الصغيرة يمكن أن تولّد كائنات صناعية جديدة عظيمة ، وقد تكون - مثلها مثل الإلكترونيات الدقيقة ، والأقمار الصناعية والمعادن والسيراميك - جزءا من الإشراق الاقتصادى الذى طال انتظاره ، فتخلُف دورة أخرى من الانحسار الاقتصادى . إن هذا أيضا جزء من أساطيرها : فكرة أن تكون المقاولات الوراثية طريقَ الخلاص .

هذا الأمل يتميز على الأقل بأنه معقول ، وقد كان له بالفعل أثره القوى على الحكومات ، التى أخذت تبحث عن التكنولوجيا الناجحة لتعضدها ، وتهتم بألا تغفل مجالا يبشر بالنجاح التكنولوجى دون أن تدعمه بالمال أو بأية معونة أخرى تحفزه ، ففيما بين سنة ١٩٧٤ وسنة ١٩٨٢ أصبح لدى حكومات ألمانيا الغربية واليابان والمملكة المتحدة وفرنسا وبلجيكا وكندا والولايات المتحدة وهولنده وأيرلنده ، تقارير موثقة عن البيوتكنولوجيا ، ومثلها أيضا الوكالة الأوروبية ومنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية - وهى المستودع الفكرى للغرب - كما كانت هناك أيضا جلسات استماع حكومية ، وسياسات جديدة لتحريك الأوضاع . أما فى الولايات المتحدة فقد بذل المشرعون وقتا طويلا يتمعنون فى المناحى المختلفة لعملية الابتكار ، كما فحصوا بضعة مشاريع لقوانين غرضها تبسيط الأمر لشركات البيوتكنولوجيا ودفعها على تجديد قواها بأن طلبوا من الأقسام الحكومية أن تجنّب لها بعض المال .

ربما كانت أهم الإجراءات وأكثرها لفتا للنظر هو ذلك القرار الذى اتخذته المحكمة العليا الأمريكية فى سنة ١٩٨٠ الذى يسمح بمنح براءات الاختراع على

الكائنات الحية الدقيقة ، أو فى الحقيقة على أى جنس من الكائنات الحية ، بشرط إثبات أنها مصنوعة ، وقد كانت هذه القضية محل مناورات أمام المحكمة العليا (أرفع هيئة مختصة بتفسير أسس الدستور فى الولايات المتحدة) قامت بها الشركات المهتمة بالهندسة الوراثية . فإذا ما كان من الممكن الحصول على براءات اختراع الكائنات الحية الدقيقة التى طُعِمت بجينات من خارجها ، أو غيرها من خطوط الخلايا المُهَنْدَسَة ، ككائنات حية من صنع الانسان ، فإن الحقل سيغدو أكثر أمانا بالنسبة للنشاط الجاد للشركات ، وسنعود لمناقشة هذه القضية ثانية فى الفصل الثالث .

ولكن بالرغم من كل هذه المساعدات القانونية والسياسية ، فإن المهام الواقعية للتوصل إلى منتجات جديدة للتسويق ، ولبناء قاعدة مالية حصينة للبيوتكنولوجيا ، قد راحت تثبت أنها أكثر صعوبة مما توحى به الأساطير عن النجاح الذى تقود إليه البحوث . ففى صيف ١٩٨٢ حملت جريدة **الصنداى تايمز** فى ملحق أخبار العمل ، مقالا شغل صفحة كاملة عنوانه « الآلة البخارية الجينية ينفد بخارها » ، أما ما تضمنه المقال ، فهو أن التبذير المالى لا يصنع ثورة تكنولوجية .

ينبنى الحكم على أى استثمار بمعدل العائد منه ، وحجمه ، مقارنا بغيره من الاستثمارات ، بعد أن يؤخذ فى الاعتبار معدل التضخم وقوانين الضرائب وغير ذلك من العوامل المحاسبية . وتتنافس البيوتكنولوجيا ، قل مثلا ، مع الذهب أو العقارات بالنسبة للدخل المضاربى . ولكن اتضح أن « فترة استرداد رأس المال » ستكون على الأغلب أطول ، كما أن المشاكل التقنية للوصول إلى المراحل الإنتاجية هى فى الواقع أكثر تعقيدا مما قيل للكثير من الناس . ستبزغ الشمس لكن فى بطء . وربما تكون السماء ـ فى الفجر ـ ملبدة بالغيوم .

يبدو لى أن مهلة التفكير التى ألهمتنا إياها عودة الحذر للمستثمرين ، هى فرصة قيّمة لجدل عام أوسع عما يحدث الآن . إننى أثير القضايا أمام الرأى العام فى مرحلة من عملية الابتكار يبطؤ فيها المد ، فنحن كمجتمع نحتاج بشدة أن نتأمل : أى نوع من المستقبل تقيمه النظم المالية والصناعية والبحثية ، إن إدمان البيوتكنولوجيا يبدو فى المرحلة الحالية وقد تقلص انتفاخه بعض الشىء . ودون أن نتمنى أن ينحسر مد التطور ويرتد ، فإن علينا أن نسأل عن نوع الهدف الذى يشكل أساس الصناعة ، تلك التى يتدفق إليها المال . وستتناول الفصول التالية هذا السؤال ، يتلوها جدول الأعمال الصناعى الذى ذكرته فيما سبق ، وفى الفصل الأخير سأهتم بالطرق البديلة التى يمكن أن نسلكها إن أردنا .

٣ المشهد من الخلية

*أحاول فى هذا الفصل أن أوضح ماهية علم الهندسة الوراثية ، وأنا لا أفترض التدريب العلمى فى القارىء ، ولكن من قرأوا هذا الفصل قالوا إنه ما يزال عسير القراءة . **فإذا وجدته مزعجا ، فتصفحه أولا بسرعة ، أو تجاوزه الآن ، وعد إليه بعد قراءة بقية الكتاب** . وعلى المدى الطويل لا بد أن يجد مثلى ممن يكتبون مثل هذا الكتاب ، والقراءُ غير المتخصصين ، لغةً مشتركة بينهم ترضى كلا الطرفين ، هذا إذا كان للعلم أن يوجَّه ديمقراطيا . وفى نفس الوقت فإن من لديه التدريب العلمى سيجد الجزء الأول من هذا الفصل بدائيا ، وربما رأى أن يتجاوز معظمه . وقد أشرت إلى المواقع التى يمكن منها العودة إلى المتن .*

من المعلوم الآن فى علم البيولوجيا أن الكائنات الحية تتركب من خلايا ، بالرغم من أننا لا نستطيع رؤيتها مباشرة بالعين المجردة ، ولم تمض بعد إلا ١٥٠ سنة منذ اكتشف البيولوجيون لأول مرة أن الوحدات الأساسية العاملة فى الكائنات الحيةهى الخلايا ، وذلك بعد أن عرضوا هذه الكائنات لقوة الميكروسكوب التحليلية ، كما أن هذا المصطلح له أيضا نفس المعنى كوحدة أساسية ـ إذا ما استخدم بالنسبة لبيوت النحل أو الحركات السرية للجماعات الثورية . الخلايا إذن قاعدية ، وتقسيم الجسم إلى خلايا شىء شائع بالنسبة لكل الكائنات ، وهناك بالطبع ـ فى ناحية ـ كائنات كالبكتيريا تكون الخلية هى الكائن الحى بأكمله ، ومن الناحية الأخرى من التعقيد هناك الإنسان الذى يتكون من مئات الملايين من الخلايا ، تنظَّم فى أنسجة ، وأعضاء ، وأجهزة تنسيق وتحكم .

والخلايا هى كبسولات منظَّمة لنشاط تخليقى ، بُرمج ليقوم بتفاعلات كيماوية وتخليق مواد جديدة ، وينشِّط هذه التفاعلات وينظمها محفزات أو مواد مساعدة تسهل عمليات معينة بينما تظل هى دون تغيير ، وتسمى هذه المواد فى الأنظمة باسم « الإنزيمات » وهى جزيئات بروتين تركَّب عن طريق تعليمات وراثية . والحياة على المستوى الخلوى تشمل التجهيز المستمر لمواد مأخوذة من

الخـارج ، تعمل عليها أدوات جزيئية صنعت تبعا لخطة عمل تقع فى الجينات وتسيطر عليها الجينات ، فإذا أعيدت كتابة ا لمتن الوراثى ، فمن الممكن أن نعيد توجيه هذه المصانع الصغيرة . والبيوتكنولوجيا ، فى معظمها ، هى دفع الخلايا لتصنع أشياء جديدة .

من السهل أن نقول هذا كفكرة مجردة ، ولكنه يقود فورا للسؤال : كيف نستـطيع تنفيذ هذا واقعيا ؟ إن الخـلايا صغـيرة للغاية ، ومعقدة للغاية . وكما نعرف ، فإن المكوّنات الجزيئية داخل الخلايا تقع هى الأخرى فى مستويات أدنى من الصغر ، فكيف يمكنك كتابة النص الوراثى إذا كانت حروف الطباعة بهذه الدقة ؟ إننى أزعم أن البراعة التقنية لتحريك التعليمات الوراثية بين الكائنات الحية ، بالإضافة إلى المهارات المتطورة للهندسة الكيماوية ، هى الشىء الحاسم للتسارع الحالى فى البيوتكنولوجيا ، وإذا ما كانت هذه هى العامل الحاسم فإننا نحتاج أن نعرف كيف يكون هذا . وفى نهاية الفصل سأناقش التكنولوجيا التى تقع داخـل حدودهـا هذه المصـانـع الخلوية الـدقيقـة ، (وتسمى بتكنولوجيا النسق) ، كما أن لدىّ ما أضيفه عن المهارة الجديدة فى تصميم وتخليق الأنظمة الحيوية و / أو مكوناتها التى أشرت إليها فى الفصل الأول .

التفكير خلويا

إن أول الأفكار التى علينا أن نضعها قيد المناقشة هى : أن الكائنات الحية مقسمة إلى وحدات قاعدية عاملة ، إلى خلايا ، وأن حجم الخلايا على العموم لا يسمح برؤيتها إلا من خلال ميكروسكوب ذى قوة معقولة ، وهى توجد فى أحجام متباينة ، ولكن خلايا كل نمط معين تصل دائما إلى نفس الحجم ، أما الكائنات وحيدة الخلية كالبكتيريا ـ أهم الكائنات بالنسبة للبيوتكنولوجيا الحديثة ، فيبلغ طولهـا عادة ٠٫٠٠١ الى ٠٫٠٠٢ من الملليمتر ، ومثل هذه الكائنات الدقيقة لا يمكن رؤيتهـا إلا بالميكروسكوب الإلكترونى . أما فى الكائنات عديدة الخلايا كالإنسان فإن حجم الخلايا وشكلها وتركيبها وتنظيمها يختلف اختلافا واسعا . ويبلغ طول الخلية النباتية أو الحيوانية المتوسطة نحو ٠٫٠١ ملليمتر ، وهذا أكبر بكثير من البكتيريا ، وإن كان مايزال صغيرا للغاية .

ولكل نوع من الخلايا وظائفه المحدَّدة . وتقسم المهام اللازمة لحفظ الحياة والتناسل بالنسبة لأى كائن حى من أى نوع بطرق مميزة ، ففى نبات الهندباء مثلا نجد أن بعض الخلايا تنقل المواد الغذائية من التربة إلى الأوراق ، بينما تقوم غيرها بتحليلها وتحويلها إلى ألياف وأنسجة هندباء ، وبالرغم من أن كل الخلايا تحوى

المعلومات الوراثية اللازمة لصنع نباتات هندباء جديدة ، إلا أن هناك خلايا معينة فقط تركّب لتكون عربات لنشر هذه المعلومات ، تلك هى الخلايا التى تكوّن البذور ، كما سنجد خلايا أخرى تقوم باستيعاب المنبهات البيئية ، كشروق الشمس مثلا ، وبتنظيم الاستجابة لها . أما فى الأخطبوط فيختلف مجال المهام المطلوبة من الخلايا ، كما يختلف أيضا فى الإنسان ، ولكن ، فى كل هذه الحالات ، تتطور خلية واحدة ، بذرة كانت أو بيضة ، لتكوِّن تكتلا مميزاً من الخلايا يشكل الكائن الحى الناضج .

التجمع الذاتى عن طريق « البرنامج الوراثى »

كيف إذن تتطور بذرة الهندباء إلى نبات هندباء وليس إلى أخطبوط أو شحرور أو حشرة عَصَوية ؟ كيف يُنتج الشبيه شبيهه ؟ كيف تنتقل صفات النوع عبر الأجيال ؟ عند الإجابة على هذه الأسئلة فى عصرنا هذا فإننا نأخذ القياس من الإنتاج الصناعى المكثف ، ونتحدث عن كائنات مزودَة بتعليمات فى برنامج مرسوم ، نعنى ، كائنات مزودة بخطة أو صورة للهدف فى شكله النهائى موجودة فى البذرة أو البيضة ، فربما كان القياس أفضل إذا ما تحدثنا عن « برنامج » أو مجموعة من التعليمات توجه تطور الكائن الحى الناضج .

وبذا يمكننا أن نقول إن نبات الهندباء يخلَق من مجموعة معينة من التعليمات موجودة فى البذرة التى ينمو منها النبات ، فكل بذرة قد بُرمجت لتصنع نبات هندباء . وبنفس الشكل فى الإنسان ، فإننا ننمو كأفراد عن طريق الانقسام المتكرر لبيضة مخصبة ، واتحاد بيضة مع حيوان منوى يجمِّع مجموعة كاملة من التعليمات الخاصة بجنسنا البشرى تصنع شخصا متفردا .

يحدث النمو حتى البلوغ عن طريق التضاعف الخلوى ، تبعا لبرنامج أولى ، ويكون ذلك بالطبع خلال سلسلة لا تنتهى من التفاعلات المعقدة مع البيئة ، فالخلايا الجرثومية مبرمَجة إذن لتنقسم وتكرر الانقسام لزمن محدود ، لترتب نفسها فى كلّ كامل عامل .

وعلى غير ما يحدث فيما نصنِّع من أشياء بالمصانع ، سنجد الكائنات الحية تجمِّع ذاتيا ، نقصد أنها تشكل أنفسها باستيعاب مواد من البيئة ، تحللها وتحولها إلى مكوناتها لتضيفها إلى بنيتها . وعلى عكس الكمبيوتر الذى يجب أن يصنَّع أولا ثم يبرمَج ، سنجد أن الخلايا الجنسية عند تكوينها تكون مبرمَجة مسبقا ، فالبرنامج إذن داخلى بالنسبة للكيان الذى ينشأ ، ولا يحتاج إلى وسيط خارجى ليَقرْأ ويُنفّذ .

فالتعليمات الموروثة التى تقول مثلا « إصنع صبغة العين الزرقاء هذه » أو « إصنع تلك المادة التى تحلل ذلك السكر » ، هذه التعليمات نسميها الجينات ، فوراثة الجينات الخاصة بلون العين الأزرق من الأبوين تعنى وراثة تعليمات بأن تقوم قزحية العين بتكوين المادة الكيماوية التى تلون العين بهذا اللون . وللبكتيريا ، أبسط الكائنات ، بضع مئات من الجينات (وربما بضعة آلاف) ، نعنى أن هناك بضع مئات من الصفات قد حُددت وراثيا لكى تعطى نسخة من البكتيريا . تنتقل إذن مئات من التعليمات فى البرنامج الوراثى لتكوّن الجيل التالى . وهناك كيانات غير خلوية أبسط من البكتيريا ، وهى الفيروسات ، لها عدد أقل من الجينات ، وهى تعيش على السطو على أجهزة الخلايا التى تصيبها بالعدوى ، لتصنع منها فيروسات أكثر .

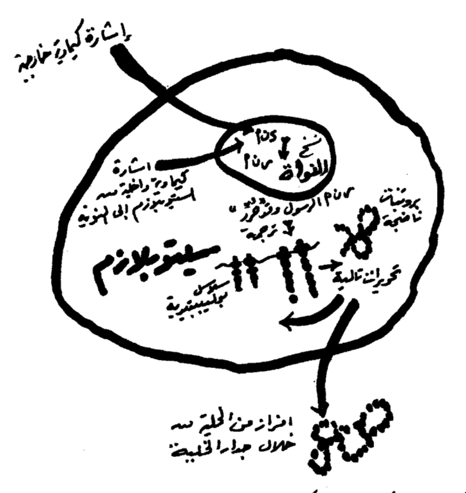
وفى الإنسان ، أكثر الكائنات تعقيدا ، سنجد أن عدد الجينات أكثر بمراحل ، إذ يكون فى حدود مئات الآلاف ، وربما الملايين ، وربما كان من الغريب أن كل خلية فى أى كائن عديد الخلايا تحتوى على طقم من التعليمات الخاصة بالكائن كله ، ولكن ما يعمل منها فى أى نوع من الخلايا هو الجينات المختصة بالمهام المحدَّدة لهذا النوع ، بينما يظل الباقى صامتا ، مقفلا . وعلى هذا فخلايا البنكرياس لا تصنع صبغة العين ، كما لا تنتج خلايا العين الإنسولين . ووجود أى كائن حى هو نتيجة للعمل التعاونى لهذه الوحدات المتخصصة ، كل منها قد اختص بمجموعة معينة من التعلميات لتؤدى دورها فى الخطة العامة للجسم ، وتنتظم هذه الوحدات فى أجهزة بالغة التعقيد ، مثل الأجهزة الخاصة بالدورة الدموية أو الرؤية أو الإحساس بالألم .

هندسة الخلية

بالرغم من تباين المهام التى تقوم بها الخلايا المختلفة ، فإن لمعظم الخلايا سمات تركيبية شائعة ، ومجموعة شائعة من المكونات ، تبينها الصورة التالية . وفى مراحل معينة من حياة الخلية يمكننا أن نميز بداخلها عددا من الأجسام الشبيهة بالعصى تسمى الكروموزومات (الصِّبغيات) . وتقع الجينات على هذه الأجسام البالغة التعقيد ، ونحن نعرف الآن أن كل الجينات (فيما عدا القليل ببعض الفيروسات) مصنوعة من نفس المادة : حامض الديوكسى ريبونكليك (د ن ا) . والـ د ن ا جزىء معقد طويل جدا ، له تركيب مثير ذكى ، يتألف أساساً من لولبين يلتف كل منهما حول الآخر ، ويشدهما سويا رباطٌ واهٍ من الروابط الجزيئية الضعيفة . والتركيب الخاص بالـ د ن ا هو ذلك اللولب المزدوج الشهير ، الذى اقترحه واطسون وكريك سنة ١٩٥٣ .

مثال :

تخليق البروتينيات



هذا الشكل يبين بشكل تخطيطي كيفية صنع البروتينيات في خلايا الكائنات الحية العليا (ذات النوايا المنفصلة) . فعند قراءة البيانات الموجودة في جين كروموزومي يصنع جزئ وحيد الجديلة من رنا م الرسول له جديلة دنا م تنفصل عن الجديلة المكملة له حتى يمكن أن تعمل كقالب . وتتخلل جينات الكائنات الحية العليا متتاليات من اللغو تسمى " الانترونات " .. ويلزم أن تستنسخ هذه في رنا م الرسول كما يجب أن " تحرر " ، ويحدث هذا داخل نواة الخلية . ثم يتحرك رنا م الرسول بعد ذلك إلى السيتوبلازم ليرتبط مع ريبوسوم ، أو قد يمر خلال بعض الريبوسومات كما يظهر في هذا الرسم ، حيث تبنى البروتينات . وقد تتلقى البروتينات أيضاً بعض التجهيز الكيماوي قبل أن يمر خارج الخلية ، أو يستخدم داخلها

وسلاسل الـ د ن ا اللولبية هذه تلتف مرة ثانية حول حبات من بروتين اسمه هستون ، وتلتف هذه السلاسل التى تحمل الهستون على نفسها لتكون ما يسمى باللولب الفائق . إن هذا - على الأقل - هو ما يعتقد العلماء الآن بصحته . ربما كانت صورة تركيب الكروموزوم هذه معقدة لحد فظيع ، وهى كذلك فعلا ، ولكنها تخدم فى تعبئة كمية هائلة من الـ د ن ا ، وعدد مواز من التعليمات الوراثية ، فى فراغ صغير بنواة الخلية ، كما أنه يظن الآن أن هذا التعقيد هو أساس نظام تحكم يضمن أن تطلَق الجينات الصحيحة للعمل فى خلايا معينة ، أو أن تُحبس عنه ، وأعتقد أنه يبين أيضا كم تكون صعوبة عملية إضافة تعليمات جديدة فى الكائنات الحية ، (نقصد صعوبة عملية الهندسة الوراثية) لو لم يخلِق النشاط الإبداعى للتطور طرقا طبيعية لنقل البيانات الوراثية وإدخالها فى خلايا مضيفة ثم حمل هذه الخلايا على استخدامها .

التركيب والتتابع

دعنا نتحرك من الخلية إلى مستوى أدق من التركيب - مستوى الجزيئات ، دعنا نتأمل أيضا إحدى العمليات البيولوجية الأساسية ، مثل حمل الأوكسوجين إلى الأنسجة . تتم هذه العملية فى الكائنات العليا عن طريق خلايا الدم الحمراء المتخصصة ، التى تحوى بداخلها ملايين من جزيئات مادة خاصة هى الهيموجلوبين ، تعمل فى تحريك الأوكسوجين فى الجهاز الدورى . تُربط أربعة جزيئات من الأوكسوجين بكل جزىء هيموجلوبين ، وهذه تُطلق على التوالى - حسب ما يستدعى الحال - أثناء دورانها فى الجسم ، والهيموجلوبين بروتين كروى ، نعنى أنه ينتمى إلى مجموعة من المواد المسماة بالبروتينات وأنه يُطوى فى شكل كرة لا فى شكل ليفة طويلة كبروتينات العضلات مثلا . وكل جزيئات الهيموجلوبين لها نفس التركيب المعقد غير المنتظم ، وتركيبها بهذا الشكل هو مفتاح عملها ، فالجزىء هو خليط من مركب حامل للحديد (هو : الهيم) ، وأربعة سلاسل من « الجلوبين » ، ينشأ داخل خلايا نخاع العظام بناء على التعليمات الوراثية . ولسلاسل الجلوبين أيضا تركيبها الخطى المتفرد ، فهى تبنَى من سلسلة من جزيئات تسمى الأحماض الأمينية ، تؤخذ من الطعام أو تمثل داخل الجسم من غيرها من الكيماويات ، وعملية تخليق البروتين هى فى الأساس تشكيل توالٍ متفرد من الأحماض الأمينية فى صورة ما يسمى بسلسلة بوليبتيد - وهى سلسلة جزيئية من الأحماض الأمينية تترابط بما يسمى بالروابط الببتيدية - التى تطوى هى الأخرى فى تشكيل متفرد لتقوم بمهمة معينة .

والحق أن جزءا هاما من كشف الكيفية التى يعمل بها أى بروتين يكمن فى تحليل تتابع الأحماض الأمينية فيه ، أى « تحديد التتابع » ، ويمكن الآن وبسهولة إجراء ذلك ، بل يمكن أيضا أن يجرى آليا . كان من الضرورى أن تبنَى مع الوقت المهارة التحليلية اللازمة ، ولقد حصل فريدريك سانجر سنة ١٩٥٨ على جائزة نوبل لأنه استطاع أن يكتشف تتابع الأحماض الأمينية فى الإنسولين ، أول البوليببتيدات التى حُللت ، لقد كانت حرفته هى هذا النوع من التشريح المتأنى للجزيئات إلى مجموعة منظمة من الشظايا . وقد حصل سنة ١٩٨٠ على جائزة نوبل ثانية لتطويره طرقا مكنت من تحليل تتابعات الـ د ن ا .

هناك مسألة بحثية أساسية فى البيولوجيا الجزيئية ، هى واحدة من القواعد الذهنية الرئيسية ، تلك هى التفكير فى العمليات الحيوية بلغة التركيب الجزيئى والوظيفة ، ويكون الاقتراب عن طريق أسئلة مثل « أى نوع من الجزيئات يقوم بهذه المهمة البيولوجية ؟ » وتكون المهمة الأولى هى تحليل العملية بالتفصيل لتحديد كل المواد المتعلقة بها ، والدور الخاص لكل منها ، ثم لابد بعد ذلك أن نستنبط تركيبها ذا الأبعاد الثلاثة . ولقد استغرق الأمر خمسا وعشرين سنة بالنسبة لجزىء الهيموجلوبين ، وهو جزىء معقد جدا ، بينما احتاج الأمر خمس عشرة سنة أخرى للوصول إلى تفسير مقنع ذى صيغة تركيبية لكيفية عمل جزىء الهيموجلوبين . أما الآن فقد أصبح تحليل التركيب ذى الأبعاد الثلاثة أبسط نوعا ما ، وتركيبُ البروتين ـ ذو البعد الواحد ـ من الأحماض الأمينية أبسط بكثير ، فالعمل الذى قام به سانجر على مدى ثمان سنوات للحصول على جائزة نوبل الأولى قد أصبح الآن عملَ يوم أو يومين . لقد أصبح من المعترف به الآن أن التركيب ذا البعد الواحد يحدِّد التركيب ذا الأبعاد الثلاثة ، نقصد أن جزيئا ذا تتابع معين (ذا بعد واحد) للأحماض الأمينية سينطوى فى تشكيل مميز واحد ، وواحد بعينه فقط ، ولكن معرفة التتابع ـ بكل أسف ـ لا يسمح لنا حتى الآن باستنباط هذا التركيب الأوحد ، فالطى عملية غاية فى التعقيد .

فكرة الشفرة الوراثية

فى الثلاثينات من هذا القرن كان البيولوجيون يتصورون أن البروتينات على الأغلب هى جزيئات عالية الانتظام ، جزيئات لها تركيب معقد ، وإن كانت تتوافق معا فى إحكام . وبحلول الخمسينات أصبح من الواضح أن هذه الفكرة بعيدة جدا عن الحقيقة ، فالبروتينات متشابكة ، والفوضى فيها ظاهرة تماما : إنها أشبه ما تكون بعقدة شديدة الإحكام ، عقدة تتخذ دائما نفس الهيئة إذا اتُّبعت

نفس المجموعة من التعليمات ، وهى لا تشبه مثلاً طبق المكرونة الذى لا يمكن أبدا أن يتشابك مرتين بنفس الشكل تماما . كيف تبنى إذن جزيئات كهذه ؟ لا تنس أننا نحتاج مثلا إلى تجميع ٢٦٠ مليون جزىء من الهيموجلوبين لصنع خلية دم حمراء واحدة ، كل جزىء منها يشبه الآخر تماما . والإجابة تكمن فى التعليمات الوراثية التى تنفذ بأمانة المرة بعد المرة ، تلك التعليمات التى ترتب الأحماض الأمينية فى التتابع المميز للهيموجلوبين . ولكن ، ما هو الشكل الذى تتخذه هذه « التعليمات » ؟ كانت الإجابة التى ظهرت بوضوح فى أوائل الخمسينات تتضمن فكرة « الشفرة الوراثية » ، وإن كانت الفكرة قد اقترحت فى شكل تأمل قبل ذلك بعشرين عاما . وقد بيّن عمل سانجر أن بناء جزيئات الإنسولين يحتاج لتوفر بيانات التتابع ، وقد حاجّ علماء البيولوجيا الجزيئية أن الأمر ربما كان صحيحا أيضا بالنسبة لكل البوليببتيدات الأخرى . لابد أن تُحدِّد الجينات ، بشكل أو بآخر ، الترتيب المتوالى أو الخطّى . ولكن الجينات مصنوعة من الـ د ن ا ، وهذا يختلف عن البروتينات تماما ، كيماويا وتركيبيا ، وعلى هذا فسيصعب على الجينات أن تعمل فى ترتيب البروتينات إذا اتخذت كنموذج أو كقالب إلا إذا كانت العلاقة شكلية ، أى إذا ما كانت بعض ملامح الـ د ن ا تمثّل أو تشفّر حامضا أمينيا معينا ، عندئذ يمكن قراءة تتابع من هذه التشكيلات فى الـ د ن ا كتتابع بروتينى متفرد ، فإذا تمكنت الخلايا من قراءة معلومات الـ د ن ا ومن حل شفرتها كبروتين ، عندئذ نكون قد وصلنا لحل طريقة تحديد البروتينات . ومن بين الأشياء المثيرة فى نموذج لولب الـ د ن ا المزدوج أنه يعضد مباشرة هذا التفسير .

يقع فى مركز جزىء الـ د ن ا أربعة من مجموعة خاصة من الوحدات الكيماوية هى : الأدينين (ونرمز له فيما بعد فى النص أو الرسوم البيانية بالرمز ا) ، والثايمين (ث) ، والسيتوزين (س) والجوانين (ج) ، وهذه هى الحروف الأربعة لألفبائية الـ د ن ا ـ شفرة الحياة ، ويفْرض تركيبها ضرورة تواجدها دائما فى شكل أزواج تكاملية . فالوحدة ا لا ترتبط إلا مع ث فقط ، بينما لا ترتبط ج إلا مع س .

يرتبط كل زوج من هذه القواعد بروابط كيماوية ضعيفة نسبيا تسمى الروابط الهيدروجينية ، وهذه تنفصل بسهولة . ونحن نحتاج كما نعرف إلى مجموعة جديدة من التعليمات لكى ننتج جيلا جديدا . وعندما تنفصل جزيئات الـ د ن ا إلى جديلتين ، فإن كلاً منهما يعمل كقالب لجديلة تكمّله ، وبذا يتكون لولبان مزدوجان جديدان . وإذا كان لعملية إنتاج جيل جديد أن تتم بسهولة فلا بد أن ينفصل الـ د ن ا بسهولة . والجزيئات الأخرى تنزع إلى الالتصاق بشكل أكثر إحكاما .

وعلى هذا سنجد داخل كل جزىء د ن ا وفى مركزه خيطا طويلا للغاية من أزواج القواعد ، ونحن نعرف الآن أن توالى المكونات الكيماوية هذا يشكل رسائل مكتوبة فى صورة شفرة بسيطة . فإذا أخذنا القواعد كمجاميع من ثلاثة تسمى « كودونات » ، فإنها ستعبر عن أحماض أمينية معينة أو عن تعليمات محددة تنفذ عند تخليق سلسلة بوليببتيد . وتوالى الكودونات يحدد ترتيب سلسلة البوليببتيد . وهناك أربع وستون طريقة ممكنة لأخذ ثلاثة عناصر من العناصر الأربعة ا ، ث ، ج ، س . مثلا : ا ث ث ، ج ا ث ، ث ا ث . . . إلخ ، لكل منها معنى خاص ، ومعظمها يمثل حامضا أمينيا معينا ، والبعض القليل من الثلاثيات المشفرة هى إشارات تقول ما يعنى : « الرسالة تنتهى هنا ، توقف عن إضافة أحماض أمينية للسلسلة التى تكونت » ، أو تقول « الرسالة تبتدىء هنا » .

فالشفرة الوراثية هى إذن مجموعة من العلاقات التى تربط ألفبائيتين : ألفبائية الـ د ن ا وألفبائية بروتين ما . وإذا لم يكن هذا واضحا ، فلنفكر فى شفرة مورس . ألفبائية هذه الشفرة تحوى رمزين فقط : النقطة والشرطة . ولكى تشفر اللغة الإنجليزية فإنك تكون مجاميع من النقط والشرط لتمثل كل الحروف الإنجليزية الستة والعشرين . والشفرة الوراثية ـ بشكل ما ـ شفرة أكثر براعة ، فمجموعات التشفير ثلاثيات متماثلة الحجم ، وهى أكثر تعقيدا ، لأن هناك مجاميع مختلفة من الرموز (الكودونات) يمكن أن تعنى نفس الشىء . ولكن العمل واحد ، وهو ربط رسائل مكتوبة بألفبائيتين مختلفتين .

الجينات تنظم تخليق البروتينات

صناعة البروتين إذن هى مجرد قراءة للبيانات المشفرة فى الـ د ن ا الكروموزومى ، ثم ، وبمعاونة مجموعة من الإنزيمات وجزيئات مساعدة أخرى ، تجميع الأحماض الأمينية فى تتابع معين ، ويشترك فى هذه العملية عدد من الجينات بجانب الجين الذى يشفر لهذا البروتين المعين . فهناك جينات مختلفة تشفر للإنزيمات التى توازن وتسهل تخليق السلسلة البوليببتيدية وتساعد فى قراءة المعلومات الوراثية ، وهناك جينات أخرى تشفر للجزيئات المهيئة المسماه « ر ن ا المترجم » التى تلتقط أحماضا أمينية معينة وتحركها إلى مواقعها ، كما أن هناك أيضا جينات تشكل جزءا من نظام للتحكم يضمن أن تنتهى العملية عند تكوين العدد الكافى من جزيئات البروتين ، أو أن تبتدىء إذا ظهرت الحاجة لمادة معينة .

يتم تخليق البروتين أساسا على مرحلتين ، تتم الأولى منهما فى النواة وتتم الثانية فى المنطقة المحيطة بالنواة داخل الخلية ، أى السيتوبلازم . تبدأ العملية بأن

يُربط إنزيم بلمرةِ ر ن ا فوق موقع معين من جزىء الـ د ن ا عند ـ أو قرب ـ بداية الجين الذى سيعمل ، وبتحرك الإنزيم على طول جديلة الـ د ن ا ، تُنسخ نسخة مكملة من إحدى الجديلتين من مادة حمض رايبونكليك (ر ن ا) ، ويعمل الـ د ن ا كقالب للنسخ بالنسبة للـ ر ن ا . والـ ر ن ا يشبه الـ د ن ا كثيرا من الناحية الكيماوية ، فيما عدا استبدال سكر الريبوز فى الـ ر ن ا بالديوكسى ريبوز ، واستبدال قواعد اليوراسيل بقواعد الثايمين فى الـ د ن ا . وللـ ر ن ا وهو يلعب دوره هذا ، جديلة واحدة ، ويسمى « ر ن ا الرسول » ، ويعمل كوسيط بين الجينات والسيتوبلازم ، وهو مستنسخ لمجموعة من التعليمات مكتوبة بلغة الـ د ن ا نُسخت فى لغة ر ن ا الوسيطة ، وهذه بالتالى تترجَم إلى بروتين .

اكتشف سنة ١٩٧٧ ، فيما تعجب له البيولوجيون ، أن الجينات فى الكائنات العليا مثل الدجاج والضفادع وذباب الفاكهة والإنسان ـ على عكس جينات البكتيريا ـ تتخللها مقاطع من الـ د ن ا لا تشفر لأى جزء من البروتين الذى يحدده الجين المعين . أما ما تفعله هذه التتابعات غير المشفرة التى تتخلل الجين (والتى تسمى الإنترونات) فهو مايزال لغزا . ومعظم الجينات تتخللها أجزاء من هذا اللغو الذى لابد أن يُشطب بين النسخ والترجمة ، وقبل أن يخرج جزىء ر ن ا من نواة الخلية ـ حيث صنع ـ لابد أن تحذف هذه التتابعات ، ثم يعاد وصل مقاطع الجزىء الباقية ذات الوظيفة الشفرية بالشكل المضبوط تماما .

تنتشر النسخة المترجَمة لـ ر ن ا الرسول خلال الأغشية المحيطة بالنواة إلى المنطقة الخارجية الأوسع من الخلية المسماة بالسيتوبلازم ، حيث ترتبط مع جسيم إسمه ريبوسوم . وتحتوى معظم الخلايا على آلاف الريبوسومات ، وعلى هذه الريبوسومات تُحرك الأحماض الأمينية الحرة ، المرتبطة بجزيئات مهيئة خاصة من نوع آخر من الـ ر ن ا يسمى « ر ن ا المترجِم » ، تُحرك لتنتظم فى تتابعٍ يمليه الرسول ، لتضاف لسلسلة بوليببتيدية يتزايد طولها بثبات ، كما لو كانت تُصف فى طوابير ليقف كلٌ فى مكانه . وبعد إضافة كل وحدة ، يتحرك الـ ر ن ا خلال الريبوسوم ، فيما يشبه حركة شريط التسجيل فى المسجل حتى يكتمل التتابع ، فالريبوسوم يشبه إذن ستوديو التسجيل ، وعندئذ تطوى سلسلة البوليببتيد التى تكونت ، لتتخذ شكلها الطبيعى ، ربما بعد بعض عمليات تجهيز تالية تفصَل فيها أجزاء صغيرة هنا وتوصَل هناك ، ويصبح الريبوسوم بعدئذ حرا يمكنه أن ينسخ رسالة أخرى ، ويُعتقد أن هذه العملية تستغرق بضع ثوان حتى تنتهى ، وأن الخلايا وهى فى أوج نشاطها تنتج فى الثانية بضعة آلاف من الجزيئات من بروتين معين . والعملية كلها تمثل عملا من التنسيق والنمنمة الدقيقة خارقا إذا ما تخيلت

أن كوب الشـاى يمكن أن يحوى بسهولة مليون بليون بكتيريا ، وأن كل خلية تعيش عن طريق إنتـاج مئات من البروتينات المختلفة يُصنع الكثير منها متزامنا بكميات محكومة فى أماكن محددة من الخلية . فالعناصر إذن هى :

يقدم الـ د ن ا الخطط ، محددة فى شفرة الثلاثيَّات لتتابع القواعد .
يعمل ر ن ا الرسول و ر ن ا المترجم كوسيطين .

الأحمـاض الأمينية هى المـواد الخام التى تنظَّم ـ السلاسل الوسطية هى البوليببتيدات والسلاسل الطويلة هى البروتينات .

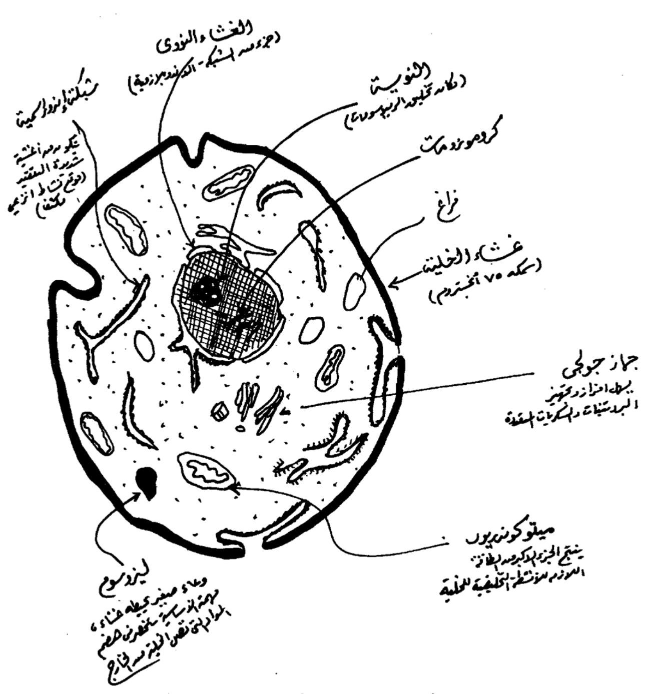
تسلم الخطط للوسطاء داخل نواة الخلية

تنظم الأحماض الأمينية على الريبوسومات

هذه إذن هى طريقـة نمـو الخلايا ببناء الجزيئات التى تحتاجها ، وكيفية قيامها بمهامها الأيضية الخاصة . إنها تخلّق المواد والعوامل المنشطة اللازمة لتجهيز المادة المأكولة ، لتحولها إما إلى طاقة مخزونة أو إلى جزيئات تكدَّس لتستخدم فى مكان آخر بالجسم ، أو إلى فضلات . وبعد فترة تبدأ الخلية فى تنظيم تضاعفها ، فتنقسم مادة الخلية ويتضاعف كل كروموزوم حتى تتميز نسختان متطابقتان من الخلية ، لتنفصلا .

إن عالم التخليق داخـل الخـلايا بعيد عن حواسنا بسبب الحجم ، فعلى المستـوى الميكـروسكـوبى الفـائق ، وهـو مستـوى يمكن بالكـاد أن نصله بالميكروسكوب الإلكترونى (وفيه يلزم أن نجمّد كل شىء فى وقته الملائم) سنجد هذا النموذج المذهل من النشاط وهو يمضى بلا توقف ، وبتنسيق لا يصدق ، أما الحديث عن الخلية كمصْنع ، كما فعلتُ سابقا ، فهو إطراء كبير للنظام الصناعى البشرى .

وتحت تعقيد ورهافة الأنظمة التى وصِفت هنا ، ربما كان أهم ما يلفت النظر هو أننا نستطيع بالفعل أن نعيد توجيه إنتاج الخلايا . والهندسة الوراثية فى جوهرها هى إقامة قدر من السيطرة على التعليمات التى توصف هنا ، وذلك عن طريق غرس تعلميات جديدة داخل خلايا معينة ، إما لإصلاح خطأ وظيفى ، أو لجعل الخلية تؤدى مهمة لم تكن تؤديها أصلا . ولأن التعليمات الوراثية تُشفَّر داخل تتابع قواعد الـ د ن ا ، فإن هذا يعنى غرس جزيئات د ن ا معينة فى الخلايا المضيفة بطرق تكمّل عملها كخلايا أو تهيمن عليه ، ولكن لا تعرقله ، أما قدرتنا على نقل الجينات وإعادة برمجة الخلايا فتعتمد على الاستعمال الحديث لوسائل وطرقٍ تقنية تستخدمها الطبيعة بالفعل .



<u>الخلية الحيوانية ومكوناتها الرئيسية</u>

الجينات تتنقل

نتحدث عادة فى البيوتكنولوجيا الصناعية عن غرس جينات جديدة فى البكتيريا أو فى غيرها من الكائنات وحيدة الخلية كالخميرة ، أما فى الهندسة الوراثية الطبية فإن المهمة تصبح أكثر صعوبة بسبب الحاجة إلى تحديد مكان جينات معينة وتغييرها فى مجموعة بذاتها من الخلايا - ربما فى عضو واحد أو فى نسيج واحد - بحيث يقتصر الأثر على هذه الخلايا وحدها .

ولنبدأ بالمشكلة الأبسط ، وهى اللعب فى البرامج الوراثية للبكتيريا . كانت البكتيريا هى الكائن الحى المفضل لمجموعة من البيولوجيين لزمن يصل إلى أربعين عاما ، فتنميتها رخيصة وسهلة ، وهى صغيرة للغاية ، وتنتج جيلا جديدا كل نصف ساعة أو نحو ذلك ، لا كل أسبوع أو شهر ، كما أنها بسيطة ككائنات حية . ولأن هناك آلاف الأنواع من البكتيريا ، وآلاف التباينات فى النمط الأساسى داخل كل نوع منها ، فقد اتجه العلماء المهتمون بوراثة البكتيريا نحو التركيز على سلالة واحدة فقط ، الشىء الذى أدى إلى معرفة الكثير عن جيناتها . كان هذا الكائن الحى الدقيق هو **إشيريشيا كولاى** (أو للاختصار : إ . **كولاى**) . أما السلالة المستعملة بكثرة فى المعامل فهى ك ١٢ . وهناك المئات من سلالات إ . **كولاى** ، بعضها يعيش فى قولون الإنسان (فى الأمعاء الغليظة) حيث يكون أغلبها غير ضار ، ولو أن البعض منها قد يكون كريها ، والبعض الآخر يعيش فى أماكن أخرى ، كالجروح أو النسيج المحيط بالمخ حيث يمكن أن يتسبب فى متاعب خطيرة ، أما إ . **كولاى ك ١٢** ، فهو مخلوق غير مؤذ ، بل ورهيف جدا ، ينمو بنجاح فى المعمل بعيدا عن أقاربه من المنافسين الأقوى ، على غذاء مكون من القليل من السكريات والمعادن ، لينتشر على طبقة من الجيلى فى طبق زجاجى مستدير . كما يمكن أيضا تنميته فى بيئة سائلة فى زجاجة تخمير . وإذا ما أَخَذَت هذه البكتيريا الغذاء الكافى بأى من الطريقتين فإن كلا منها ينقسم إلى اثنين كل عشرين دقيقة ، فيصل عددها بسرعة إلى رقم هائل ، إلى أن ينتهى كل الغذاء الموجود فى البيئة المحيطة ، كما يحدث دائما .

تعيش البكتيريا ، مثل أى كائن حى آخر عن طريق استغلالها موارد بيئتها ، سواء كانت البيئة داخل أمعاء الإنسان ، أو فى لبن البقرة ، أو فى الشعيرات الجذرية لفول الصويا أو فى الماء الكبريتى للينابيع الحارة . ولأن هذه الموارد محدودة فهى لا تسمح بالبقاء إلا لعشائر محدودة ، والبكتيريا مثل أى كائن

حى آخر هى نواتج عملية التطور ، وقدراتها هى تراث التفاعل مع الأشكال الأخرى من الحياة التى تشمل الكائنات التى تهاجمها أو تتغذى عليها ، والكائنات التى تنشىء معها نوعا من التعاون ، كما تفعل إ . كولاى مع الإنسان ، وتلك التى تتنافس معها ، وتلك التى تهاجمها كالفيروسات .

ولأغراضنا هنا ، فإننا نحتاج إلى دراسة خصيصة تطورية واحدة من خصائص إ . كولاى ، وهى القدرة على نقل فقرات من البيانات الوراثية بين الأفراد والسلالات فى العشيرة . تذكّر أن البكتريا تتناسل عموما عن طريق الانقسام إلى اثنين ، نعنى أنها تتكاثر لا جنسيا ، بحيث يكون الجيل الناتج هو نسخة طبق الأصل من الجيل القديم ، باستثناء الأخطاء العَرَضية ، فإذا ما فعلت كل البكتيريا هذا كل الوقت فإن ظهور أى خصائص جديدة سيكون بطيئا للغاية ، ولكن الخصائص الجديدة الناتجة عن تجريب التباينات الممكنة العديدة هى العنصر الأساسى للبقاء فى المنافسة التطورية . ونحن نعرف الآن أن بإمكان البكتريا أن تمارس الجنس ، وإن كان هذا نادرا ، ولكن ، حتى هذا لا يؤثر كثيرا فى تخفيف الملل من كونها بكتريا . غير أن هذا التزاوج الجنسى الذى نسميه « الاقتران » يتسبب على الأقل فى أن تجتمع مجموعتان من جينات الفردين المتزاوجين ، ليظهر عن ذلك أفراد جدد .

تهاجم البكتريا وتقتلها كيانات غير خلوية أبسط منها بكثير تسمى « الفيروسات » ، وهى الكيانات التى تسبب البرد والحصبة . . . إلخ ، وهى عادة مجرد خيط من د ن ا مغلفٍ بغطاء محكم من البروتين . ولمقاومة هذا التهديد ، طورت البكتريا طرقا متعددة لصد الهجوم بل ولاستخدام الفيروسات كناقلات للجينات البكتيرية بين الخلايا البكتيرية فيما يسمى « بالاستنقال » . فعندما يغزو خلية البكتريا نوع معين من الفيروسات يسمى « البكتريوفاج الناقل » أو « الفاج » فإن د ن ا الفاج يحمل عند انطلاقه من داخل الخلية البكتيرية عددا من الجينات البكتيرية المستنقلة ، جيناتٍ تُنقل مع الفاج من البكتريا المصابة .

ثم إن بعض البكتريا تحمل بعض جيناتها على حلقات من الـ د ن ا تسمى « البلازميدات » توجد فى كيان مادى منفصل عن الكروموزوم الحلقى الأساسى للبكتريا ، والجينات المعبأة بهذه الطريقة يمكن أن تنقل بسهولة إلى بكتريا أخرى ، وعلى هذا فسنجد أنه من الممكن بسهولة أن تنتقل وبسرعة صفة مثل مقاومة مضاد حيوى معين بين هذه الكائنات ، سواء كانت من نفس السلالة أو من سلالات أخرى . والمهم أنه قد ظهرت عن ملايين السنين من الصراع

التطوري آليات كهذه يمكن بها نقل الجينات من بكتريا إلى أخرى ، وقد مكن وجـود مثل هذه الطرق للملاءمة ، والكثير غيرها ، مكن البكتريا من البقاء في بيئات متباينة .

وقد استخدم البيولوجيون لبضع سنين الاستنقال بالفاج والاقتران البكتيرى للمعـالجـة الـوراثية اليدوية للأغـراض البحثية ، ويتضمن الكثـير من أبحاث البيولوجيا الجزيئية محاولات للتعرف على خصائص البكتريا بحثا عن أفراد طافرة تنقصها صفة معينة يمكن إثبات أنها تحت السيطرة الوراثية ، أو محاولات لحذف أو إعاقة خطوة فى طريق بيوكيماوى لمعرفة الطريقة التى يعمل بها النظام الكامل . وعـلى سبيل المثـال فإن الاقـتران البكتيرى يسمح بتهجين البكتريا ، أى تبادل الجينات بين فرد « ذكر » يعطى جيناته لفرد « أنثى » يتقبلها ، المهم أن نتأكد من تمييز الهجن عن الأبـوين ، ويتم هذا دائما بزرع البكتريا فى بيئة لا يستطيع أن يعيش عليها إلا البكتريا التى تحوى الاتحادات الجينية المرغوبة ، ولكن هذه الطرق لها حدودها ، فلابد بالطبع أن تكون الجينات موجودة فى البكتريا بالفعل ، قبل أن تنقلهـا . ولكن تكنيك التـطعيم الجينى يسمـح بنقل الجينات بطريقة أكثر أصالة . والآن ، لماذا نريد أن نفعل هذا ؟

تجميع هذا كلّه : التطعيم الجينى

ربـما كان من المفيد الآن أن نسترجع ماذكرته فى الفصل السابق : شعرَ بعض علماء البيولوجيا الجزيئية فى أواخر الستينات بأن العصر الذهبى لعلمهم قد ولّى ، وكتب واحد منهم ، هو جنتر ستينت ، نصف مرثية مثيرة لهذا العلم عنوانها « هذه كانت البيولوجيا الجزيئية التى كانت » . والحقيقة أن الموضوع الذى غطيناه إجمالا فى الأقسام الستة السابقة ، يشكل المجالات التى عمل بها علماء البيولوجيا الجـزيئية من سنـة ١٩٤٥ حتى نهاية الستينـات ، وقـد كانت ناجحة للغاية ، بمعـاييرها . ثم أقحِم تعديل للهيكل الأساسى لمفاهيم البيولوجيا ، فأصبحت الآن تتحـدث عن الكـائنات الحية وأنشطتها الفسيولوجية فى صيغة : البيانات الـوراثية ، والشفـرة ، والـتركيب ، والتتـابـع ، والنسخ ، والترجمة ، والتغذية المرتدة ، والنسخ الذاتى ، ولقد أطلق فرانسيس كريك فى سنة ١٩٦٦ على القصة الكاملة لاستنباط الشفرة الوراثية اسم « نهاية البداية » .

شعر بعض علماء البيولوجيا الجزيئية أن عددا كبيرا من المشاكل المثيرة ما يزال فى حاجة إلى المتابعة قبل أن يمكننا تفهم البكتريا . وعلى سبيل المثال ، فإن جون بكويث لم يُلْقَ به بعيداً عن البحث الأكاديمى الرائد بسبب الانفعالات المتضاربة والتزاماته كاشتراكى وعالم فى نفس الوقت ، كما حدث مع غيره من أبناء جيله .

على العكس من ذلك ، فقد استمر فى عمله يبحث فى طريقة التحكم الوراثى لافراز البروتينات خلال جدر الخلايا البكتيرية ، واستمر يناقش علنا استخدام الوراثة اجتماعيا وسياسيا . ولعله مما يثير التهكم أن نعرف أن لعمله هذا ، الآن ، أهميته فى البيوتكنولوجيا بالرغم من أنه ـ على العموم ـ قد اختار أن يتجنب الارتباطات التجارية ، وتحول آخرون من علماء البيولوجيا الجزيئية إلى دراسة الكائنات الراقية ، وبدأوا فى دراسة عمليات مثل التطور الجنينى ، ومثل تكوين الجهاز العصبى ، والاستجابة المناعية ، والتحول الخلوى للسرطان ، وقد ظهر أن تحليل كل هذه المواضيع بالغ الصعوبة . وبدا أن السؤال الهام هو : كيف نستطيع يوما أن نحلل على المستوى الجزيئى ذلك النموذج المكثف من النشاط بخلايا الكائنات العليا ؟

على أنه ببلوغ السبعينات ، غدا من الواضح أن زيادة هائلة فى القدرة التحليلية قد بدأت فى الظهور ، واتجهت بضعة خطوط بحثية لتبرز منهجية جديدة هائلة القدرة ، وهذه ـ فى أساسها ـ تسمح بتشريح الأجهزة الوراثية بدرجة عالية من الدقة والحنكة ، ليُفحص عملها جزءا جزءا . فاذا ما استخدمنا الاستعارة المعتادة من البرمجة ، فمن الممكن أن نعزل تعليمات معينة لكائنات راقية ، ثم نقلها إلى برنامج تنفذه ماكينة أقل تعقيدا ، نعنى خلية بكتيرية . فإذا مانقلنا الجينات إلى البكتيريا فمن الممكن أن نفهم بشكل أسهل عملها فى الكائن الحى الذى أخِذت منه . ولقد أصبح من الواضح ، منذ المراحل الأولى لتطوير هذا التكنيك البحثى ، أن لإعادة برمجة البكتريا استخدامات أخرى صناعية . وبهذا الانجاز بدأ عصر البيوتكنولوجيا .

نشأ هذا التقدم من القدرة على قطْع جزيئات الـ د ن ا بدقة بالغة حيث نريد تماما ، ثم وصْل شظايا الـ د ن ا مع بعضها . ولهذا السبب يسمى هذا التكنيك باسم « التطعيم الجينى » « أو المونتاج » . والتشبيه الأخير بعمل مونتاج الشرائط الممغنطة أو الأفلام تشبيه قريب ومفيد ، ونتيجة عمليات المونتاج هذه هى إعادة اتحاد جينات أو مقاطع من الـ د ن ا . ومثل هذه الجزيئات الهجينة تسمى إذن بالـ د ن ا « المطَعَّم » .

يمكن للقراء المتمكنين من أساسيات البيولوجيا الحديثة أن يبدأوا القراءة ثانية هنا ، أما من يعرف الكثير عن البيولوجيا الحديثة فربما يود أن يمر على هذا الجزء متصفحاً

أول عمليات فصل ووصل الـ د ن ا

أَن تُدخِل جزيئا فى خلية ، هذا شيء ، فإذا ما كان هذا الجزىء يحمل تعليمات فمن المفروض إذن أنٍ يُنسخ فى كل جيل ، ونحتاج عندئذ أن نجعل هذا الجـزىء يُعـاد إنتـاجه و« يُعبر » عنه ، نعنى أن يقوم بمهمته مع جينات الخلية المضيفـة . ولبعض الفيروسات كفاءة عالية فى الدخول بجسم البكتريا ، وهى تحمل جهازا إنزيميا خاصا يساعدها على اقتحام البكتريا والدخول فيها ، فإذا مادخلتها فإنها تقوم مباشرة بقدر كبير من التدمير ، وعلى هذا فللفيروسات مضارها كناقلات للجينات ، إذا ماأردنا أن نضمٍّن هذه الجينات فى خلية سليمة تتكاثر بثبات .

وعموما فقد اكتشِف فى أوائل السبعينات أن جدار خلية إ . **كولاى** - إذا ما عومل بكلوريد الكالسيوم - يصبح منفِذاً للبلازميدات ، تلك الحلقات السائبة داخـل الخلية والمكـونـة من المادة الوراثية . يمكن للبلازميدات إذن أن تدخل البكتريا تحت هذه الظروف الاصطناعية التى يسهل توفيرها ، وبذا فالبلازميدات تقدم طريقة واعدةً أبسط لادخال الجينات داخل البكتريا لتعمل كجزء من نظام يتناسخ داخل الخلية المضيفة ، إذا وجدنا وسيلة نطعِّم بها هذه البلاستيدات بالجينات .

المقــص

اكتشف علماء البيولوجيا الجزيئية فى نفس الوقت تقريبا مجموعة من إنزيمات البكتريا تسمى « إنزيمات التحديد » ، تعمل كمقصات جزيئية ، تقطع جزيئات الـ د ن ا إلى شظايا كبـيرة غير عاملة ، وكانت هذه الانزيمات هى المسئولة عن ظاهرة غريبة اكتشِفت فى الخمسينات ، تبدو فيها البكتريا قادرة على التقاط القدرة الـوراثية على حماية أنفسهـا من هجـوم فيروسـات معينة ، وبذلك تجعل نطاق الكائنات التى يمكن للفيروس إصابتها « محدودا » . وقد ظُن فى أول الأمر أن إنزيمات التحديد هى شكل من أشكال الدفاع ، خُلق لمواجهة التهديد الفيروسى الدائم ، ثم اتضح أن التحديد ليس فعالا تماما كنظام للدفاع ، ويعتقَد الآن أنه يَخـدم فى مراقبـة الحـدود بين أنـواع البكـتريـا ، ويحفـظهـا منفصـلة عن طـريق بتر الـ د ن ا الخـاص بنوع ما ، إذا وجد طريقه إلى خلايا نوع آخر .

وعموما فمثل هذا النوع من الآلية يساعد فى إسراع التغيرات التطورية بأن يعمل ضد مزج تباينات الأنواع وتبديدها .

وبسرعة ، أصبح من الواضح أن إنزيمات التحديد تقطع الـ د ن ا فى مواقع معينة فقط ، يحددها تتابع قاعدى معين . فمثلا وجد أن إنزيم إكور ١ الخاص بسلالة ك ى ١٣ من بكتريا إ . كولاى ، يعمل فقط فى المواقع التى يوجد بها تتابع القواعد : (ج ا ا ث ث س) ، فإذا كتب واحد من هذين التتابعين تحت الآخر ، حتى يظهر التقارن التكميلى بينهما بشكل أبسط من وصفهما فى صورة لولب مزدوج ، فسيبدو الشكل :

ج ا ا ث ث س
س ث ث ا ا ج

التوالى يشبه جملةً تُقرأ طرداً وعكسا : لاحظ التماثل الهندسى ـ فهى تقرأ نفس الشىء من الأمام أو من الخلف ، بمحور تماثل فى المنتصف . وقد ظهر أن إنزيم إكور ١ يكسر السلاسل الخارجية للّولب المزدوج بين ا ، ج ، بحيث تبقى ج ، س مقترنتين ، بينما تترك أربع قواعد : ا ، ا ، ث ، ث ، بكل من الجديلتين المقطوعتين فى غير اقتران عند انشقاق جزىء الـ د ن ا :

ج ا ا ث ث س
س ث ث ا ا ج

يبدو توزيع قواعد الـ د ن ا الكروموزومى وقد أصبح الآن بلانظام ، وبذا ففرص العثور على نفس هذا التتابع ذى القواعد الست ستكون ضعيفة للغاية . هنا إذن إنزيم نافع أنيق يستطيع أن يكسر الـ د ن ا فى مواقع غير عادية ، فإذا كان لهذا التتابع أن يظهر ـ لحسن حظنا ـ قريبا من جين يهمنا ، فمن الممكن عندئذ أن نقطع الجين سليما . وكل الإنزيمات التى اُعرف قبلا أنها تقطع الـ د ن ا ، تقوم بعملها هذا دون تمييز لتتركنا مع آلاف من شظايا الـ د ن ا العديمة النفع ، وبلا جينات عاملة . وقد ازداد العدد المعروف من إنزيمات التحديد زيادة هائلة منذ أوائل السبعينات ليصل إلى أكثر من ٣٠٠ إنزيم ، يختص كل منها بتتابع قواعد معين غير شائع ، فيكسر الـ د ن ا فى مكان بعينه أو فى آخر ذى صلة به . فإذا عرفنا تتابع القواعد فى مقطع معين من الـ د ن ا ، فمن الممكن دائما أن نكسره حيثما نريد عن طريق اختيار الإنزيم الصحيح . نستطيع على سبيل المثال أن نفسخ البلازميدات فى موقع بذاته بحيث يمكن إعادة وصلها عن طريق غرس قطعة من الـ د ن ا . ولكن ، كيف يمكن أن ندفع جزيئات الـ د ن ا بحيث توصَل أو يعاد وصلها ؟ يمكن أن نضيف « أطرافا لزجة » ذات تركيب معين إلى جزيئات

الـ د ن ا التى تفتقر إليها ، فإذا ماضمنًا أن التتابعين متكاملان ، ضمناً وصلهما .

لدينا حتى الآن صندوق « العُدة » لقطع الـ د ن ا فى مواقع محددة ، ولإصلاح الـ د ن ا أو لإضافة مقاطع صغيرة له ، لدينا الإنزيمات المستخلصة من أنواع بكتيرية مختلفة . وفى نحو سنة ١٩٧٢ استخدم البيولوجيون أدوات البتر هذه فى تفسيخ د ن ا البلازميدات لمعرفة نوع الشظايا التى تتولد عن إنزيم معين إذا ما عالج بلازميدة معينة . وقد وجد عموما أن أية بلازميدة حلقية مكونة من خمسة آلاف زوج من القواعد مثلا ، تحوى موقع تحديد أو موقعين لكل إنزيم . وابتدأ آخرون فى استكشاف العمل المشابه لإنزيمات التحديد على د ن ا الفيروس ، وبدأوا فورا فى التفكير ، ليس فقط فى الفصل بل وأيضا فى الوصل . والشرط المسبق لإجراء مثل هذه التجارب هو وجود وسيلة لمعرفة إن كانت الخلية قد استوعبت الجينات المعينة ، نقصد تلك الجينات التى طُعِّمت فى الفيروس أو البلازميدة التى يُفترض أن تنقلها ، والبلازميدات هى « د ن ا خارج الكروموزوم » ، أى مجموعات صغيرة من الجينات المنفصلة عن الكروموزوم الأساسى للبكتريا ، ومن أهم الصفات التى تستطيع هذه الجينات تشفيرها صفة مقاومة المضادات الحيوية ، وقد عُرف منذ اكتشاف المضادات الحيوية فى الأربعينات أن البكتريا يمكن أن تصبح مقاومة لها ، وكلما ازدادت العقاقير المستخدمة كلما ازداد احتمال اكتسابها للمقاومة ، كما أن مقاومة المضادات الحيوية يمكن أن تنتقل من سلالة لأخرى . إن البلازميدات هى التى تنشر الأنباء الطيبة (أو المزعجة من وجهة نظرنا نحن) .

الأطراف اللزجة

عندما تقوم بعض إنزيمات التحديد بقطع الـ د ن ا ، فإنها تفعل ذلك بطريقة تترك جديلة من جديلتى الـ د ن ا ، أطول من الأخرى ، لتبقى على الجديلة الأطول القواعد غير المقترنة التى تبحث عن قرائنها ، وتسمى هذه باسم « الأطراف اللزجة » بسبب نزوعها لأن توصل بشظايا د ن ا أخرى إن كانت هذه تحوى التتابع المكمِّل المطلوب من القواعد . ومن الممكن استخدام هذه الخصيصة باستعمال إنزيمات أخرى يضيف الواحد منها بعد الآخر القواعد المطلوبة إلى نهاية إحدى جديلتى جزىء الـ د ن ا . وفى الوقت الذى اكتشِفت فيه إنزيمات التحديد هذه وطريقة عملها ، اكتشف العلماء أيضا إنزيمات أخرى تُصلح الأجزاء المكسورة من الـ د ن ا عن طريق إعادة وصل الروابط بظهر الجزىء ، وهذه المجموعة من الجزيئات والتى تسمى « إنزيمات الوصل » أو « الليجيزات » تستطيع إذن أن تسرع من لصق شظايا الـ د ن ا الناجمة عن التحديد والتى نود وصلها .

تحولت ظاهرة المقاومة الوراثية للعقاقير فى تجارب التطعيم الجينى لتصبح شيئا نافعا ، ذلك أننا نستطيع أن نميز الخلايا التى مرَّرنا إليها البلازميدات بما طُعِّم فيها من جينات جديدة ، بأن نهيىء الأمر بحيث يضفى البلازميد مقاومة مضـاد حيوى معـين على سلالة بكتيرية كانت قبلا حساسة ، فمقاومة العقاقير يمكن أن تعمل كعلامة نستدل بها على نجاح التطعيم الجينى .

أمامنا الآن إذن مقومات نظام جديد لنقل الجينات : بلازميدات قادرة على دخول الخلايا والتناسخ فيها ، إنزيمات تستطيع أن تكسر الـ د ن ا ، وإنزيمات يمكنها إصلاحه ، بحيث تسمح بتخليق جزيئات مطعومة ، وطريقة نعرف بها إذا ماكان الجين المطلوب قد نُقل .

التطعـيم الأول

وفى سنة ١٩٧٣ أجريت إحدى التجارب التى أثبتت إمكان تطبيق هذا التكنيك عن طريق التعـاون بين هربـرت بوير - البـاحث بجامعة كاليفورنيا فى بيركـلى - وستـانـلى كوهين ، من ستانفورد . وقد أصبحت هذه التجربة أساس الهندسة الوراثية .

ابتدأ الباحثان بأن عاملا خلايا بكتيرية معاملةً تُحرر الـ د ن ا الكروموزومى وكذا حلقات الـ د ن ا البلازميدى لتنتشر فى البيئة المحيطة . أما د ن ا البلازميدات فهو أصغر حجما من الكروموزومات البكتيرية ، كما يمكن أيضا جعله مختلفا عنه فى الكثافة ، وبذا يمكن فصل هذين النوعين من الـ د ن ا عن طريق جهاز الطرد المركزى الفائق . وكان البلازميد الذى استخدماه صغيرا ومعروفا عنه أنه يضفى المقاومة لمضاد حيوى اسمه تتراسيكلين (وهو بلازميد : ستانلى كوهين رقم ١٠١ : ب س ك ١٠١) . وقد اعتقد العالمان عندئذ أنهما خلَّقا البلازميد عن طريق عملية « قص » ميكانيكى لبلازميد بكتيرى أكبر ، واتضح أن هذا خطأ . وفى سنة ١٩٧٧ ناقش كوهين فى بحث له المصدر المحتمل للبلازميد ، وستتضح لنا أهمية هذا فيما بعـد . وفى المـوعـد المناسب ، أرسلا نسخا من هذا البلازميد لبعض الباحثين كى يجروا تجارب مشابهة .

ثم كُسرت البـلازميدات بعـد عزلهـا ، عن طريق إنزيم تحديد ، أختير خصيصا ليكسر هذا الجزىء فى موقع واحد معين فقط ، لتنتج جدائل د ن ا ذات نهايات لزجـة . عندئذ سُمح للبلازميدات أن تلتحم ثانية ثم أصلح الـ د ن ا بإنـزيمات الوصل ، كما دفِعت إ . كولاى الحساسة للتتراسيكلين لأن تستوعب داخلهـا هذه البلازميدات ، وعندئذ اكتسبت البكتريا المقاومةَ لهذا العقار ؛ كما

نُسخ البلازميد فى الانقسامات التالية للخلية . وكانت الخطوة التالية هى البحث فيما إذا كان من الممكن أن يطعَّم د ن ا غريب فى ب س ك ١٠١ دون أن يفسِد عمل البلازميدات كعامل وراثى ودون إتلاف تعبير الجينات . خَلَطا إذن د نَ ا الخاص ب : ب س ك ١٠١ مع بلازميد إ . كولاى آخرَ يضفى المناعة ضد عقار آخر هو كانامیسین ، فأصبحت بعض الخلايا التى أدخِل فيها البلازميد الناتج مقاومةً للكانامیسین والتراسیكلين ، الشىء الذى يقترح وبقوة أن شظيتى البلاَزميد قد اتحدتا ، بحيث أصبحت البكتريا وقد قبلت مجموعتى جينات تم تطعيمهما .

ثم قام الباحثان بتكرار نفس هذا الاجراء مع بلازميد من ستافيلوكوكوس أورياس ، وهو نوع آخر من البكتريا لا يتبادل الجينات مع إ . كولاى ووجدا أنه من الممكن أن تمرر إحدى الخصائص المشفرة من بلازميد ستافيلوكوكوس إلى إ . كولاى . وأخيرا بدأ فى تطعيم ب س ك ١٠١ بجينٍ من كائن مختلف تماما هو ضفدع زينوبص ، ووجدا أن الجين الحيوانى قد نُسخ بالفعل فى أجيال وراء أجيال من البكتريا التى تحمل البلازميد المطعَّم .

كانت هذه إذن تجارب فى التطعيم الجينى لها مغزاها اللافت للنظر ، لقد أنتج الباحثان « جزيئات د ن ا مطعَّم » ، أو « كايميرا د ن ا » (الكايميرا كائن خرافى له رأس أسد وجسم عنزة وذيل أفعى) عن طريق وصل جزيئات د ن ا من أنواع مختلفة من الكائنات الحية ، وقد ظهر تعبير جينات كائن فى خلايا كائن آخر ، على الأقل فى بضع حالات ، وكان هذا يعنى أن البكتريا يمكن أن تقبل تعليمات من أنواع أخرى وأن الجينات المغروسة يمكن أن تُنسخ ، ثم إنه من الممكن أن تدفع هذه الجينات لكى تعمل فى الخلية البكتيرية المضيفة . فإذا كنا نستطيع أن نجد حاملات مشابهة بالنسبة لأنواع أخرى من الخلايا ، فمن المحتمل إذن أن تقبل النباتات أو الحيوانات الثديية أو البشرية جينات جديدة . ولكن كبداية : هانحن نعرف أن باستطاعتنا إعادة برمجة البكتريا بجينات من خارجها . وكان هذا فى حد ذاته إمكانيةً مذهلة .

قامت مجموعة فى بيركلى بقيادة بول بيرج بتصميم تجارب مشابهة فى نفس الفترة . كان غرضها تطعيم د ن ا من فيروسات مختلفة فى محاولة استكشاف عمل فيروس ورمى يسمى س ف ٤٠ (فيروس ٤٠ القردى) الذى يصيب ويمرض خلايا القرد ، وقد لقيت هذه الفكرة المثيرة بعض الاهتمام لأن بيرج ، على أى حال ، كان يتحدث عن وصل جزء من فيروس السرطان مع فيروس بكتيرى يمكن أن يهاجم البكتريا التى تعيش فى أمعاء الانسان . فماذا سيفعل هذا الهجين

الجديد فى البيئة الخلوية الجديدة ؟ وإذا ما مَرَّرت هذه الخلايا المصابةُ الفيروسَ الـذى هاجمهـا إلى ميكروبات أكثر قوة خارج المعمل ، فماذا سيحدث ؟ كانت شكوك بيرج قد أثرت فيه كثيرا لتدفعه إلى تأجيل ما خططه من تجارب وليرتب تعليق النشاط كما سبق أن ذكرت .

تطلعات

بشرت هذه التقنيات بزيادة هائلة فى قدرات الباحثين فى البحث عن جينات بذاتها وتحليلها ، الشيء الذى يعتبر جزءا هاما من مغامرة البيولوجيا الجزيئية ، كما كانت هناك أيضا بعض الاحتمالات التجارية التى تسيل اللعاب ، فمن الممكن أن نفكر مثلا فى نقل جينات بشرية لتعمل فى البكتريا فنصنع بها بروتينات آدمية . كان هذا تطلعا عجيبا ، فمن الممكن أن نصنع عددا كبيرا من البروتينات النافعة طبيا ، والتى تكلف كثيرا عند استخلاصها للأغراض البحثية (دعك من انتاجها بكميات وفيرة تكفى للأغـراض العلاجية) ، عن طريق إعادة برمجة جزيئات بجينات آدمية تختص بإنتاجها .

براءات الاختراع

ولم يغب هذا عن كوهـين وبـوير ، اللذين تقـدمـا سنـة ١٩٧٤ بطلب للحصول على براءة اختراع هذا التكنيك الأساسى ، وذلك قبل مرور عام من تاريخ أول نشر كما يتطلب قانون البراءات . وكانت هذه حركة بارعة منهما ، وإن بدت غير عادية ومثيرة للجدل ، فلم يكن هذا التفكير التجارى سنة ١٩٧٤ شائعا بين العلماء ، كما كان هذا العمل أيضا نوعا من العجرفة المثيرة ، قُصد بها جلب حقوق الملكية لحقل كامل من البحوث والتكنولوجيا الجديدة ، حقل خلقته على مدى العقـود ، المحـاولات الجـماعية لمهنة يمولها دافع الضرائب ، لتتلوها ـ فى المراحل الأخيرة ـ فرق من العلماء والمعمليين بقيادة بوير وكوهين . إن هذا العمل يتضمن تقـدير هذين الـرجلين ، أو مستشـاريهم ، للحجم المتـوقـع للاستثمار الصناعى لهذا التكنيك ، وجدوى المطالبة ببراءة اختراع هذا العمل . وربما غدت هذه البراءة أكثر البراءات ربحا فى التاريخ .

ولقد قيل إن قرار الموظفين الرسميين بستانفورد بطلب براءة الاختراع قد سيِّم إدراكا واضحا للغاية بأنه على الجامعات من الآن فصاعداً أن تعتمد بشكل أكثر على العائدات التجارية الناتجة عن مثل هذه الترتيبات القانونية التى لم تستغل كما يجب حتى ذلك الحين . وفى سنة ١٩٨٠ عُدِّل القانون فى الولايات المتحدة ليسمح للجامعات التى تتلقى منحا بحثية فيدرالية ـ كحالة كوهين ـ أن تطلب

حقوق البراءة على نتائج بحوثها ، بشرط أن ينفق العائد منها على التدريس أو البحوث . وربح الجامعات هنا يعتبر خسارة للدولة ، وكان التبرير المفروض هو أن منح هذا الحق سيسرع على الأغلب من عملية الكشف .

أما خطة جامعة ستانفورد لتسجيل براءة تكنيك كوهين وبوير فقد بقيت سراً حتى سنة ١٩٧٦ عندما ذكر متحدث فى حلقة عملية عن المعالجة الوراثية اليدوية عُقدت فى معهد ماساشوتس للتكنولوجيا ، ذكر ما كان يُردد آنئذ من إشاعات كثيرة عن أن بعضهم يحاول الحصول على براءة بالنسبة للتقنيات الأساسية . وربما كان هذا الشخص عارفا بما حدث وأراد أن يكشفه للجميع . وهنا ذكر ستانلى كوهين ، الذى كان حاضرا ، أن ستانفورد وجامعة كاليفورنيا تحاولان بالفعل تسجيل حقوق الامتياز لعمله مع بوير ، ثم أكد أيضا أنه شخصيا لن يستفيد ماديا من هذا العمل ، إن حدث ونجح .

أما السعى فى طلب حق الامتياز بالنسبة لطريقة المعالجة الوراثية اليدوية التى كان رائداها هما بوير وكوهين ، فلم يكن مستقيًا ، وقد أعيدت صياغة الطلب مرتين . وقد أصبح كما نتوقع مصدراً للضيق بالنسبة لشركاء العمل القدامى ، الذين لم يحصلوا على أى نصيب من الرسوم ، وكان أهم ما يرتكز عليه الطلب بحثا كتبه كوهين وبوير واثنان آخران هما دكتورة آنى تشانج من ستانفورد ودكتور روبرت هيلنج ، الذى كان سنة ١٩٨٠ أستاذاً مساعداً لعلم النبات فى جامعة ميتشجان ، وكان الخلاف يدور فيما إذا كان بوير وكوهين هما اللذين قدما المادة الإبداعية الأساسية ، بينما لم يكن الآخران سوى أداة التنفيذ . ولم يوافق هيلنج على هذه الفكرة ، ورفض أن يوقع وثيقة تقول إن دوره كان هامشيا . وكاد الأمر يصل يوما إلى أن ترفع ستانفورد قضية لحرمانه من أية دعوى بأنه شريك فى الابتكار ، كما غضب أيضا عالم آخر هو جون مورو ، وقد كان يعمل فى بحث د ن ا الزينوبص ثم انتقل ليعمل فى جامعة جونز هوبكنز فى بالتيمور .

على أية حال ، فقد سويت هذه المشاكل بشكل أو بآخر وأصدر مكتب البراءات البراءة رقم ٤٢٣٧٢٢٤ فى ٢ ديسمبر ١٩٨٠ ، ثم أخذ مكتب توثيق التكنولوجيا فى ستانفورد يصوغ الشروط لترتيبات الترخيص للشركات التى ترغب فى استخدام هذه التقنيات ، وقد أعفى الباحثون الأكاديميون من مثل هذه الالتزامات . واستقر الرأى على دفع رسم ابتدائى على الترخيص غير المطلق قدره : ١٠٠٠٠ دولار ، ثم رسم سنوى بنفس القيمة لاستخدام التكنيك فى البحوث والتطوير ، أما الرسم الاضافى على المبيعات من المنتجات فقد تحدد بمقدار ١٪ من المبيعات حتى ٥ ملايين دولار ، يتناقص إلى ٠,٥٪ للمبيعات فوق

العشرة ملايين دولار ، وقد يبدو أن هذا سيعطى دخلا هائلا ، ولكن قيل إنه دخل متواضع بالنسبة لما تجرى به الأمور فى هذا المجال . إن البراعة هى أن نقيم نظام دفع يعطى دخلا معقولا ليس ضخما بحيث يجعل من الاعتراض عليه أمراً غير ذى موضوع . وقامت ٧٣ مؤسسة بدفع الرسم الابتدائى فى الفترة حتى منتصف ١٩٨٢ ، وحصّلت بذلك ستانفورد وجامعة كاليفورنيا ـ فيما بينهما ـ بضع مئات الآلاف من الدولارات ، وفى هذا التاريخ كانت ستانفورد قد أودعت بضعة طلبات أخرى للتوثيق ، من بينها طلب رئيسى يتعلق بمنتجات العمليات التى تشمل هذا النوع من المعالجة الوراثية اليدوية .

وفجأة ، فى أوائل أغسطس سنة ١٩٨٢ ، أذاع مكتب البراءات والعلاقات التجارية الأمريكى ، رفض حق الامتياز الثانى ، وقيل إن سبب ذلك هو التشكك فى أصل بلازميد ب س ك ١٠١ ، إذ يبدو أن اتباع الطرق التى شرحت فى الأبحاث الأولى لكوهين وبوير ، والتى تضمنتها البراءة الأولى لا يؤدى إلى التوصل إلى هذا البلازميد ، والواقع أن كوهين بالفعل قد دُفع للتفكير فى مصادر أخرى محتملة لبلازميده وذلك فى مقال نشره سنة ١٩٧٧ . كما قيل أيضا إن النتائج قد سبق ونشرت فى مؤتمر علمى ، ظهر عنه تقرير مبسط ، وإن كان مفصلا جداً ، فى مجلة نيوسيانتست فى أكتوبر ١٩٧٣ .

حظيت البراءة الأولى أيضا باهتمام ناقد من جهات أخرى ، فقد نشر ألبرت هالوين ، وهو محام شهير للبراءات يعمل بشركة إكسون للبحوث والهندسة ، نشر بحثا فى أغسطس ١٩٨٢ بين فيه أربع نقاط ضعف تكنيكية فى الطريقة التى صيغ بها طلب كوهين وبوير للحصول على البراءة . والادعاء بأن هذا البحث هو مجرد ممارسة أكاديمية ، كما يقول هالوين ، ادعاء غير مقبول ، فلشركة إكسون بالفعل اهتمامات بحثية فى هذا المجال تتضمن معها اهتمامات تجارية طويلة المدى ، ويجوز قبل أن يصدر هذا الكتاب أن يكون مكتب التوثيق قد سحب البراءة الأولى بالفعل . وقد يكون هذا شيئا طيباً من وجهة نظر معينة ، ولكنا من الناحية الأخرى ، سنجد أن الدخل يعود إلى مؤسسة أكاديمية . ولو كانت شركة جيننتك هى التى طلبت البراءة ، فربما كانت نغمة النقد أكثر صخبا . وكما سنرى فى الفصل الرابع ، لقد اغتصبت الشركات بالفعل الملكية الفكرية الشائعة . ولقد قيل إن ما يجعل من تصرفات ستانفورد شيئا مشروعا هو كونها معهدا أكاديميا ، فهى تصرفات تعتبر من وجهة النظر هذه مجرد سمة من سمات هذا العصر الاقتصادى ومظهر للاستخدام الذكى للنظام القضائى .

فإذا ما أصبح هذا الإجراء أكثر شيوعا ، كما سيحدث بالطبع ، فإن هناك خطرا حقيقيا على العلاقة بين الزملاء ، وكذا الأوضاع في الجامعات ومعايير تمويل وإمداد وتعزيز البحوث . وهناك أيضا احتمال بأن تطرد الأبحاث التجارية الصرفة غيرها من البحوث التي تحتاج لوقت أطول قبل التطبيق والتي تَعِد بالكثير من الناحية الأكاديمية ، فيبطؤ بذلك التطور الفكري في البيولوجيا . إن العبث ـ خفية ـ بالبكتريا الصناعية ، في حد ذاته ، سيجتث جذور البحث الأساسي ، ليتجه الباحثون نحو الكسب السريع بدلا من البحث لخير البشرية .

إننا نفترض هنا أن البحث والتطور الصناعي على وجه العموم ، لا يؤدي ولا يمكن أن يؤدي إلى أي تقدم علمي جوهري ، ولكن الحقيقة أنه يستطيع أحيانا أن يؤدي إلى هذا ، وأن ذلك يتوقف على الظواهر المدروسة وطريقة إدارة البحث . والقضية الأساسية في رأيي تكمن في الأهداف المضمَّنة في البحث الأساسي والبحث التطبيقي . إن ما يجب علينا أن نحدده ليس هو الإجراءات التنظيمية التي تكفل استمرار تقدم جبهة البحوث ، وإنما الإجراءات التنظيمية التي تسمح بتحديد البحوث التي تهتم بحاجات المجتمع بطرق أخرى غير عمليات السوق . كيف نفسح المجال لبرامج بحثية بديلة تبطِل وتواجه أولويات تعظيم الربح عند الشركات الصناعية ، بدلا من مجرد حماية المكان التقليدي لصفوة الباحثين لموالاة ما يشغل بالهم من أبحاث ؟

إن لموضوع براءات الاختراع أبعاداً أخرى ، مثل قضية ما إذا كان من الصحيح على الإطلاق ، أن نصدر براءات لأشكال الحياة ، كالبكتريا . إن براءة كوهين ـ بوير الأولى تغطي عملية أو مجموعة من التقنيات ، ولكن الاهتمام التجاري في البيوتكنولوجيا قد دفع إلى المسرح بقضية اتخاذ كائنات حية معينة ملكية خاصة إذا ما كانت قد خلقت عن طريق تكوين اتحادات جينية لا تحدث أبدا في الطبيعة . فإذا ما كان هذا ممكناً ، فإنه يقدم شكلا جديدا من أشكال الحماية للمصنّعين في هذا المجال . ولكنا سنجد أن الكثيرين لا يقبلون تسجيل أشكال الحياة أو الملكية الخاصة للأنواع ، حتى وإن كانت كائنات بسيطة . فإذا كان من الممكن أن نسجل براءة البكتريا ، فلماذا نقف عند هذا الحد ؟ ماذا عن الإلكترونات ؟ أو أنواع الفئران ؟ أو الماشية ؟ أو البشر ؟ أو كل نتاج النسْخ الخضري لحصان عظيم أو رياضي عظيم أو عالم عظيم ؟ .

وفي سنة ١٩٧٢ قام العالم الهندي أناندا شاكرابارتي الذي يعمل بمعامل شِنكتادي التابعة لشركة جنرال إليكتريك ، قام بتقديم طلب تسجيل براءة اختراع

بكتريا سودوموناس خلّقها هو دون تطعيم جينى ، وهى بكتريا لها قدرة فائقة على تحليل أربعة من المكونات الرئيسية لزيت البترول ، وكان من بين الاحتمالات الممكنة لاستخدام هذه البكتريا احتواء بقع النفط فى البحار وإزالتها ، ولو أن الطلب لم يكن يحوى أية دلالة على أى توقع عملى وإنما كان مجرد حالة للاختبار . وبخلفية بحوث د ن ا المطعَّم ، فإن شركات البيوتكنولوجيا والمكتب الأمريكى للبراءات والعلامات التجارية ، قد اعتبرتها بالتأكيد « حالة للاختبار » . وقد أحال هذا المكتب الأخير الأمر الى المحكمة العليا للحصول على قرار عما إذا كان التشريع الحالى لبراءات الاختراع ، كما سنّه الكونجرس الأمريكى ، يسمح بتسجيل براءات اختراع أشكال الحياة ، وبأغلبية خمسة ضد أربعة رأت المحكمة العليا فى يونيو ١٩٨٠ أن التشريع يسمح بهذا . يقول القاضى بيرجر رئيس المحكمة فى قرار المحكمة :

> إن هذا لا يعنى أن الفقرة ١٠١ من القانون لا حدود لها ، أو أنها تشمل كل كشف . إن قوانين الطبيعة والظواهر الفيزيقية والأفكار المجردة قد اعتبرت غير قابلة للتوثيق بالبراءات ، وعليه فإن المعدن الجديد المكتشَف فى الأرض ، أو النبات الجديد المكتشَف فى البرارى ليسا موضع توثيق . وبنفس الشكل ، فإنه لم يكن لإينشتين أن يوثق براءة بقانونه الشهير بأن الطاقة تساوى الكتلة × مربع سرعة الضوء ، ولم يكن لنيوتن أن يوثق قانون الجاذبية . إن مثل هذه الكشوف « مظاهر للطبيعة مباحة لكل الناس ولا يختص بها أحد » .
>
> وفى ضوء هذا ، فإن الكائن الحى الدقيق الخاص بالمدعى عليه مؤهل بوضوح لأن يكون موضوع توثيق ، إنه ليس ظاهرة طبيعية غير معروفة قبلا ، ولكنه كعمل أو كتركيب لمادة لا تحدث فى الطبيعة ، يُعتبر ناتجا لإبداع بشري ، « له اسم وصفة واستعمال مميز » . . . إن اكتشافه ليس من صنع الطبيعة ، وإنما من صنعه ، وعلى هذا فهو مّما يخضع للتوثيق .

مُنح شاكرابارتى إذن براءة الاختراع ، وأُجيزت بالولايات المتحدة دعاوى أخرى بملكية سلالات ميكروبية خاصة ، وكان فى قرار المحكمة إشارة واضحة للكونجرس بأن عقولا قانونية ذكية قد استغلت نواياه التشريعية ، وأنه إذا رأى ألاّ يوافق على مثل هذه البراءات ، فلابد أن يفعل شيئا من أجل ذلك . أما الوضع فى بريطانيا وأوروبا فليس صريحا كهذا . ويقال كثيرا إن القانون البريطانى لا يسمح بتوثيق الكائنات الحية ، ولكن أحد كبار خبراء البراءات قد أنكر هذا فى مقال له نشِر بمجلة نيتشر سنة ١٩٨٠ ، ولم يطرف لأحد جفن عندما وثقت فى

بريطانيا براءة سلالات جديدة من الخميرة منذ بضع سنين . وعلينا أن ننتظر لنرى القيمة الواقعية لهذا الحكم بالنسبة للصناعة البيوتكنولوجية . وربما اعتمدت الشركات على ممارسات صناعة الإلكترونيات الدقيقة من : المحافظة على تدابير أمن حازمة ، ثم التغلغل السريع فى الأسواق لحماية الوضع التجارى . أى أن ما يوفره محامو البراءات ، سيُنفق ولا شك على نظم الأمن .

كل هذا يقودنا بعيدا عن البيولوجيا الجزيئية الأساسية وبيولوجيا الخلية التى ابتدأنا بها هذا الفصل ، وإن كان يعكس ما حدث للبحث والبحاث . إن وقتا أطول يبذل الآن مع محامى البراءات والرأسماليين والمولين الصناعيين المحتملين ، ذلك أن نفس ممارسة البحث فى هذا المجال من علوم الحياة تعنى أن هذه القضايا على الأغلب ـ لحسن الحظ أو لسوئه ـ ستطفو على السطح الآن ، وربما وجد العلماء السذّج غير التجاريين أن أبحاثهم قد أضحت ذات أهمية صناعية معنوية لم تكن متوقعة على الاطلاق ، ولن يقفز كل شخص فرحاً بهذا الاحتمال ، ولكن لن يتجاهله إلا الأكثر زهداً ليسمح بالغنيمة للآخرين .

تصنيع الجينات

كانت تجارب كوهين وبوير ومساعديهم خطوة استكشافية أولى ، قُصد منها اختبار ما إذا كانت الأفكار الأساسية ستنجح عمليا . وقد نجحت . كانت المرحلة التالية للمهتمين بالنواحى التجارية هى محاولة تصنيع بوليببتيد آدمى داخل خلية بكتيرية عن طريق تطعيم الجين المختص فى بلازميد بكتيرى . وقامت مجموعة العلماء العاملة فى هذا الموضوع ، وهى مجموعة مرتبطة بشركة هندسة وراثية حديثة التكوين اسمها جيننتك ، قامت باختيار بوليببتيد صغير اسمه سوماتوستاتين طوله أربعة عشر حمضا أمينيا ، يتحكم فى إطلاق هرمونات أخرى من الغدة النخامية ، ولم يكن تتابع الـ د ن ا الواقعى لجين السوماتوستاتين معروفا عندئذ ، وبذا فقد استخدموا الشفرة الوراثية فى تصميم تتابع د ن ا يعطى تتابع الأحماض الأمينية الصحيح .

بعد أن صمموا الجين ، بدأوا فى بنائه ، بأن أقاموا أولا مجموعة من ثمانية من تحت الوحدات ، وصِلت بعدئذ ببعضها ، وكان كل من طرفى الجزىء الكامل « لزجا » ، ومن بين الـ ٥٢ زوجاً من القواعد ، كان ٤٢ (= ١٤ × ٣) يشفّر للسوماتوستاتين ، أما العشرة الباقية فقد كانت « أطرافا لزجة » وإشارات للجهاز الخلوى .

ثم طُعّم هذا الجزىء فى بلازميد بكتيرى اسمه ب ب ر ٣٢٢ ، أضيف إليه مسبقا جين لإنتاج إنزيم بيتاجلاكتوسيديز البكتيرى ، وكذا مجموعة الجينات

التى تسيطر على تخليق هذا الإنزيم والمسماة « أوبيرون لاك » . قد يبدو هذا معقدا ولكن الفكـرة الأسـاسية هى أن نمكن الخلية المضيفـة ، التى ستحـوى هذا البلازميد المضخم ، من قراءة تتابع الـ د ن ا للبيتاجلاكتوسيديز ، ثم أن تستمر فى القراءة ، أما الأوبيرون ، وهو وحدة مراقبة خلوية فى البكتريا ، فكانت وظيفته هى الأمر ببدء العملية . أدخلت إذن بضع نسخ من البلازميد المضخم ب ب ر ٣٢٢ داخل إ . كولاى . وعند نمو البكتريا ، صنعت جزيئات بيتاجلاكتوسيديز ذات ذيل إضافى من السوماتوستاتين . وعندئذ بُتر الهرمون من الإنزيم البكتيرى المضخم ليظهر أنه مطابق تماما للهرمون الناتج من الغدة النخامية . لقد دُفع كائن حى دقيق سريع النمو ، ولأول مرة ، ليصنع هرمونا بشريا لم يره أو يسمع عنه قبلا . قد يبدو الأمر تافها ، ولكنه فتح احتمالات النجاح فى تصنيع سلسلة طويلة من المواد داخل البكتريا ، بتكاليف أرخص بكثير .

من الممكن أن نناقش تقنيات هذا الموضـوع بإسهاب شديد ، ولكن الموضوع الذى أود إبرازه ، هو حقيقة أن الهندسة الوراثية منذ نشأتها بدأت فى تخطيط تتابعات الـ د ن ا واضعة نصب عينها مبادىء أو أهدافا معينة . إن هذه هى المهارة التى تستحق الثمن الغالى : القدرة على تحديد أى الجزيئات يمكن أن تطعّم سويا بحيث إذا ما أدخلت فى عائـل ابتدأت الخلية العائلة التى أُعيدت برمجتهـا فى تصنيع كميات وفيرة من الجزىء الذى يشفّره تتابع الجين الجديد . وهنـاك طرق تكنـولـوجية عديدة يمكن أن تستخدم لنجاح هذه العملية . إن مطعّمى الجينـات يعـرفـون العنـاصر الوراثية التى يلزم تحريرها سويا ، لكتابة « نص » جيّد للقـراءة ، نعنى نصـاً تستـطيع البكـتريا ـ إن كانت هى الكائن العائل ـ أن تقرأه بسرعة لصناعة جزىء معين . وسنجد فى بعض الحالات أن التتابع الطبيعى للـ د ن ا الذى يشفّر لبروتين معين تتابع معروف أو يمكن تحديده بسرعة . وهناك طرق يمكن بها تحديد مقاطع الـ د ن ا التى يقع بها جين معين وتحديد التتابع فيه ، كما يمكن أيضا ، ببعض الصعوبات ، تخليق تتابع د ن ا يكـافىء ـ ولا يطابق بالضرورة ـ التتـابـع الـطبيعى . وهناك ماكينات تصنع فى ساعات قليلة تتابع د ن ا صغيراً حسب الطلب .

يجدر بنـا أن نتذكر أن هذا العمل الفذ لربط وحدات نوتيدية كى نكوِّن جزىء د ن ا عاملا ، قد احتاج لمئات من الفرد ـ سنة فى الستينات ، وأنه قد تسبب فى منح جائزتى نوبل لشخصين قاد كل منهما فرقا كبيرة من البحاث ، وكان هذا إثباتا قاطعا بأن الشفرة الوراثية قد حُلّت . وقد أصبح هذا أحد عناصر العملية الروتينية لبناء الجزيئات بالطريقة البيوتقنية ، ولعل أبرز استخدامات هذا التكنيك

هو نجاح علماء آى . سى . آى فى تخليق جين إنترفيرون (وهو مادة تقتل الفيروسات التى تصيب خلايا الحيوانات الثديية) طوله ٥١٢ من أزواج القواعد ، أى نحو ١٢ ضعف طول جين السوماتوستاتين ، كما أنهم عرفوا بالفعل أن الجين الذى خلّقوه يختلف فى بضع نواح عن الجينات العديدة المناظرة التى تعمل فعلا فى خلايا الإنسان . ونستطيع أن نقول إنهم كانوا يجربون ليعرفوا ما إذا كان فى استطاعتهم صناعة جزيئات إنترفيرون مختلفة عن طريق تحوير تصميم تتابع الجين . إن هذا هو غاية البراعة التقنية : أن يتجاوزوا مجرد تحليل الكيفية التى تصنع بها الجينات بروتينات خاصة إلى المرحلة التى تستخدم فيها بنية مُهَندَسة لصناعة جزيئات تفضل التصميم الطبيعى . إنى أعتقد أن هذا شىء مذهل .

كان الاقتراب الواثق من تصميم الجزيئات يحوم حولنا منذ فترة ، ويقوم العلماء فى شركات الأدوية الكبيرة بالفعل باستخدام برامج كمبيوتر معقدة فى محاولة التنبؤ بالشكل وبالنشاط الدوائى للمواد المعروفة التركيب . فأنت تأخذ مثلا أحد الكيماويات الذى تعرف عنه شيئا ، ثم تفكر فى بتر جزء صغير منه أو إضافة جزء جديد إليه . والسؤال هو : كيف سيتشكل الجزىء بعد هذه المعالجة الكيماوية ، كيف سيتغير شكله ذو الأبعاد الثلاثة ؟ ولدينا الآن برامج للكمبيوتر (الحاسب الآلى) تستطيع أن توضح البساطة التى تُطوى بها الجزيئات فى رسم بيانى يحاكى الأبعاد الثلاثة . وعلى هذا ، فقبل أن تتحرك فى المعمل لتصنع جزيئات جديدة ، يمكنك أن تتخيل تركيبها وأن تعالجها ذهنيا لتحاول بعد ذلك تخليقها معمليا . وها هو مارتن آبل الباحث بمعهد بحوث النبات الدولى فى كاليفورنيا وأحد العلماء الجامعيين الأوائل الذين تحولوا للعمل فى شركة هندسة وراثية مختصة بوراثة النبات ، ها هو يترك عمله ليؤسس شركة جديدة ستتخصص فى التخطيط بالكمبيوتر للمواد البيولوجية . وبنفس الشكل ، سنجد الآن أن الكثير جدا من البحوث يعتمد على استخدام أكوام من أضابير البيانات ، ولا تُستثنى البيوتكنولوجيا من ذلك . ويراجع المهندسون الوراثيون بانتظام أرشيفات الكمبيوتر بحثا فى بيانات التركيب والتتابع . يستحيل إذن واقعيا ـ بغير الكمبيوتر ـ أن نعالج ما نعرفه بالفعل فى علم الحياة ، دعك من تخيل مواد جديدة محتملة .

هناك فى اليابان رجل يحاول أن يبنى آلة تبحث عن التتابعات البوليبيتيدية المثلى للجزيئات المختلفة الوظائف . وهذه الآلة الكاتبة البوليبيتيدية الخاصة ببروفسور وادا لم يقصد منها أن تقف عند مجرد تصميم الجزيئات ، فبعد أن « تطبع » الجزىء المثالى تنتقل ـ لتصنيعه ـ إلى بيوتكنولوجيا أخرى قادرة على الإنتاج المكثف ، إذ ترتب بكتريا مُبرمَجة خصيصا لتنتج كميات هائلة من الجزىء

الجديد . ويسمّى بروفسور وادا هذه العملية باسم « الطباعة للتوزيع الواسع » ، تماما كما لو كنت تطبع قصائد يابانية على علب الكورن فليكس . ولكى ننفذ هذا علينا أن نضع التعليمات الوراثية اللازمة لصناعة الجزىء داخل البكتريا المضيفة . ومازالت هذه الماكينة الكاتبة البوليبيتيدية فى مرحلة التجريب . وربما تحولت لتصبح فكرة جميلة تسبق تكنولوجيا زمانها ، تماما مثل ماكينة تشارلس باباج التحليلية ، تلك الماكينة الحاسبة التى صُممت فى أوائل القرن التاسع عشر والتى لم تُصنع أبدا كما يجب .

التصعيد : الميكروبيولوجيا الصناعية وزراعة الخلية

أجريت أول تجارب التطعيم الجينى فى المعمل ، وكانت كمية البروتين التى أفرزتها البكتريا المعاد برمجتها قليلة للغاية . فإذا أردنا ترجمة هذه الأفكار إلى عملية صناعية قادرة على إنتاج أرطال أو أطنان من المادة فإن الأمر يحتاج إلى زيادة هائلة فى حجم الإنتاج . كان محصول جزيئات السوماتوستاتين بالطريقة التى شرحناها يبلغ نحو ١٠٠٠٠ جزىء سوماتوستاتين للخلية البكتيرية الواحدة . وكان هذا مشجعا . أما السلسلة التالية من التجارب التى صنعت الإنسولين بنفس الكيفية فقد كانت أكثر إنتاجا إذ بلغ المحصول ١٠٠٠٠٠ جزىء للخلية البكتيرية ، وكان هذا كافيا لإنتاج محصول نهائى يقدر بمائة جرام من الإنسولين من وعاء تخمير يبلغ حجمه ٢٠٠٠ لتر . ويستخلص الإنسولين عادة من غدد البنكرياس الحيوانية . وصناعة ١٠٠ جم بهذه الطريقة يحتاج إلى نحو ١٦٠٠ رطل من هذه الغدد من المجازر .

ولكن حتى القارورة ذات الألفين من اللترات ، والتى تعتبر صغيرة بالمقياس الصناعى ، حتى هذه مازالت أكبر بكثير من طبق استزراع أو قارورة تخمير على منضدة معمل . يستحضر التغيير فى المدى مجموعةً كاملة من المشاكل الهندسية والبيوكيماوية والاقتصادية ، مجموعة لا نصادفها فى التجارب المعملية . إن المهم هو أن نحفظ البلايين والبلايين من الكائنات الحية الدقيقة تحت أفضل ظروف لمعيشتها . فإذا ما وفرنا احتياجاتها الغذائية ، وإذا ما مُنعت من أن تسمم نفسها بمخلفاتها ، فإنها ستنمو بجنون . ونحن نستطيع أن ندفع البكتريا لأن تخصص نسبة عالية من مواردها الخلوية لتخليق مادة كيماوية بعينها . وبناءً على ذلك ، فالبكتريا تعتبر مصانع مجهرية هائلة الإنتاج . وسيظل إنتاجها هائلا طالما بقيت ظروف النمو ثابتة . فإذا لم تكن كذلك ، ماتت البكتريا بالبلايين بسرعة ، دون أن ينتج عنها شىء نافع .

وعلى هذا فإن التخمر على المستوى الصناعى - تلك العملية التى استخدمت طويلا فى إنتاج الخمور وفى الصناعات الغذائية ، والتى جُربت ثم أهملت فى الصناعات الكيماوية ، والتى تطورت لإنتاج العقاقير منذ الحرب العالمية الثانية ، هذه العملية تحتاج إلى عدد من المهارات : فى تصميم التجهيزات ، وفى هندسة التحكم ، وفى تفهم ديناميكية التخمر تحت ظروف الانتاج . والمهمة أساسا هى أن نوفر مصدرا للكربون ، كالسكر أو النشا أو السليولوز ، ومصدرا للنتروجين ، كالأمونيا أو الأزوت الجوى ، بجانب الأملاح المعدنية التى تضم الفوسفات ، ثم أن نبقى هذا كله مخلوطا . وسنجد من الضرورى فى معظم الأحوال أن نعقّم هذا المستنبت لقتل كل الكائنات الملوِّثة التى يمكن أن تنافس البكتريا التى نحاول تنميتها ، وربما كان من الصعب بلوغ هذه الغاية بكفاءة . وتتألف النظم البسيطة من مجداف فى مركز قارورة تخمر اسطوانية يدور ليقلب المزرعة دائريا ، أما النظم الأكثر تقدما فربما استخدمت طرقا مختلفة أخرى للتقليب : مثل النفاثة الهوائية ، وأشكال الدوران الأكثر تعقيدا .

ثم إن هناك مدى واسعا من المشاكل البيولوجية لاستزراع البكتريا ، لأن البكتريا قد تبدأ فى نفض الجينات كيما تجعل الحياة أسهل . وعلى سبيل ا لمثال فإن البكتريا الحاملة للبلازميد الملىء بجينات الإنسولين تعتبر مُعَوَّقة بالنسبة لزميلاتها الأكثر سخاء والتى نضت عنها هذا البلازميد . وإذا ما انتشرت مثل هذه العادة فسننتهى بالكثير من البكتريا والقليل من الإنسولين . ولكى نوقف حدوث هذا فإننا نستطيع أن ننتقى بلازميداً يعطى مناعة لمضاد حيوى ثم نعالج البيئة بهذا المضاد الحيوى ، وبذا تقتل كل البكتريا التى تنضو عنها البلازميد ، ولكن هذا مكلف . وهناك مشكلة أخرى هى غزو الفيروسات البكترية التى تعيش بقتل البكتريا ، وكلما زاد حجم قارورة التخمر كلما زادت خسارتنا عند الإخفاق .

فإذا ما نمينا قدراً كبيراً من الكائنات الدقيقة مرة واحدة أو فى عملية مستمرة ، فعلينا عندئذ أن نستخرج المادة المطلوبة من الحساء البكتيرى أو الفطرى المخفف . والواقع أنه من الممكن أن يتم التخمر فى الحالة الجافة ، كما يشير أى كوم من السباخ البلدى ، وكما تشير صناعة التوفو اليابانية من خثرة البقول المخمرة ، ولكن معظم التخمر الصناعى يتم فى البيئة السائلة . فإذا كان الناتج المطلوب هو الخلايا بأكملها ، كما فى حالة بروتينات الكائنات وحيدة الخلية ، فكل ما تفعله هو أن ترشح السائل وأن تجفف المادة الخلوية ، الشىء الذى قد يحتاج إلى الكثير من الطاقة . وإذا ما كان المنتَج المطلوب سائلا ، كالكحول ، فالمطلوب هنا أن نفصله من النواتج العرَضية المزعجة ، بالتقطير مثلا . وإذا كان المنتَج جزيئا ، فإن اقتناصه يصبح مشكلة ، لاسيما إذا كانت البكتريا تجمعه داخل

أنفسها ولا تفرزه فى البيئة خارجها . وقد يكون من الممكن استخدام خلايا ذات جدران « راشحة » تسمح بمرور المادة . وحتى فى هذه الحالة سنجد أنه من الضرورى أيضا أن يستخلص الجزىء من البيئة التى يُمرر إليها الراشح . وتلزمنا درجة عالية جدا من النقاوة بالنسبة للمنتجات الطبية ، وقد نذكر أن شركة جونسون وجونسون الأمريكية للمستحضرات الطبية قد استأجرت مكانا داخل مكوك الفضاء لمحاولة التنقية عن طريق التفريد الكهربى فى ظروف انعدام الجاذبية فى الفراغ الخارجى .

كنا نفترض حتى الآن أن الكائن الحى المستخدم داخل قارورة التخمر هو البكتريا أو الخميرة أو الفطر ، غير أنه من الممكن كما ذكرنا فى الفصل الأول أن نزرع فى القارورات خلايا نباتية ، كما يمكن أن ننمى خلايا حيوانات ثديية أو خلايا إنسان تحت هذه الظروف ، والواقع أن هذا أمر صعب تكنيكيا لصعوبة توفير الاحتياجات الغذائية لهذه الخلايا ، ثم إنها تنزع للتجمع سويا ، ولكنا نستطيع إنتاج الانترفيرون من مزارع كبيرة من الفيبروبلاستات (خلايا النسيج الضام) ، الخلايا غير الناضجة التى نحصل عليها فى حالتنا هذه من غُلْفة الإنسان .

ومن الممكن فى بعض الحالات أن نستغنى تماما عن الخلايا ، ونشجع تفاعلا معينا بملايين الجزيئات الإنزيمية المرتبطة بدعامة خزفية أو بلاستيكية أو عضوية ، وتسمى هذه الإنزيمات بالإنزيمات الساكنة . وقد ثبت مؤخرا أنه من الممكن أن نجمد حركة الخلايا ، بمعنى أننا نوقف حركة الأيض فيها لتعمل كنسيج خامل لإنزيم معين محجوز داخلها . ويتزايد الآن استخدام هذه الطرق ، ولكن الخلية العاملة تبقى فى معظم الحالات البيئةَ الأساسية والمكان الأساسى للتجهيز البيوتكنولوجى .

إن مهمة إبقاء البلايين والبلايين من هذه الكائنات الدقيقة المتخصصة فى حالة حية ، هى فى الواقع مهمة غاية فى التعقيد وتتطلب الكثير ، ولو أن أهميتها دائما ماتبدو ضئيلة أمام مهام العبقريات التى ابتكرتها كسلالات متخصصة من الكائنات الحية أو خطوط الخلايا . إنها إذن خبرة فى الإنتاج لا يمتلكها إلا عدد محدود من علماء الجامعات . وبذا سنجد أن شركات الهندسة الوراثية تحاول ضم موظفى الصناعة المدربين فى خبرة التخمر ، من مصانع الخمور ومن صناعة الأدوية ، عندما تتجه نحو مرحلة الإنتاج واستخدام كائنات مضيفة جديدة ، كالخميرة .

إن مهارات الميكروبيولوجيا التطبيقية تتجذر فى الصناعات التقليدية كصناعة الخمور وصناعة الجبن . وفى أواخر القرن التاسع عشر عُزز عِلما الميكروبيولوجيا والكيمياء الحيوية لإلقاء مزيد من الضوء على ما يحدث بالفعل فى العمليات الصناعية . ولكن النظم الجديدة لكيمياء التخمر والميكروبيولوجيا الصناعية بقيت فى المستوى الأدنى على صارية الطوطم الأكاديمى ، ولم يتمتع من يمارسونها بأى منزلة رفيعة ، كما أن ما اكتسبه التخمر من أهمية فى صناعة الأدوية فى عصر ما بعد الحرب لم يسهم فى تغيير الوضع ، فالمؤكد أن علماء البيولوجيا الجزيئية كانوا يعتبرون بحوثهم المملة ـ بالرغم من أهميتها ـ بحوثا مضجرة للغاية ، وتافهة .

وقد تغير هذا الوضع الاجتماعى بدخول البيوتكنولوجيا هذه المرحلة الجديدة ، وباتساع آفاقها الرائعة فى العمليات الصناعية ذات النواتج التسويقية ، فمن الحقائق البديهية فى الصناعة الكيماوية التقليدية أن أكثر من نصف التكاليف ينفق فى تصيِّد المنتج المطلوب من الوحل المتبقى فى نهاية التفاعل الكيماوى ، إن هذا هو ما يسمى « المعالجة فى التيار » . والمهندس الذى يستطيع أن يتم هذه العملية كما يجب ، والذى ربما استخدم تعديلا غاية فى البساطة ، سيكون هو الفيصل بين الربح والخسارة . وكما كان علماء البيولوجيا الجزيئية يزدرون من يعمل فقط فى الكيمياء الحيوية ، فإن نسلهم ممن تخصصوا فى التطعيم الجينى ، يتيهون زهوا لأنهم الكبار فى الصناعة الكيماوية الجديدة بينما هم يعيشون بعيدا عن ضوضاء المصانع وقرفها وروائحها . ولكنهم قد انتبهوا الآن إلى أن ما يستطيع المهندسون التنفيذيون ذوو الأظافر القذرة أن يقدموه ، هو شىء ربما لايقل عما يقدمه مليونيرات البيوتكنولوجيا الجديدة بحليّهم الذهبية وبالجينز الفخيم الذى يرتدونه .

التطعيم الجينى : تجربة نمطية

١ - تستزرع تجمعات بكتيرية على مستنبت نمو ، ثم يؤخذ منه مزرعة بكتيرية حجمها ١٠ سم٣ فى أنبوبة ، فتتكاثر بسرعة خلال الليل على درجة حرارة ٣٧مْ ، لتنقل إلى دورق فتتكون عنها مزرعة بكتيرية حجمها ٥٠٠ سم٣ تتكاثر خلال الليل أيضا على درجة ٣٧مْ .

٢ - تُحطم جدر الخلايا لينطلق منها الـ د ن ا الكروموزومى .

٣ - يوضع نوعًا الـ د ن ا فى أنبوبة جهاز الطرد المركزى الذى يفصلهما بسرعته الفائقة ، وسنسمى حلقات د ن ا البلازميدات باسم د ن ا (١) .

٤ - يُسحب الـ د ن ا البلازميدى النقى من السائل بجهاز الطرد المركزى ، وقد اختير هذا البلازميد لأننا نعرف أن عليه جيناً يعطى مناعة ضد المضاد الحيوى المسمى تتراسيكلين (تت م) ، وجيناً آخر يعطى المناعة ضد الأمبسلين (أمب م) ، كما نعرف أنَّ بوسط الجين تت م موقعَ تحديد لإنزيم إيكور .

٥ - تكسر البلازميدات (الـ د ن ا) بإضافة إنزيم التحديد إيكور ، فتتحول حلقات الـ د ن ا البلازميدى إلى شظايا خيطية [سنسميها الشظايا (أ)] مايزال بها الجين أمب م سليما ، أما الجين تت م فينشطر إلى جزأين ، جزء فى كل من طرفى الشظية .

٦ - فى هذه المرحلة دعنا نلتفت إلى د ن ا بلازميدى آخر هو د ن ا (٢) مستخلص من سلالة بكتيرية أخرى بنفس طريقة استخراج د ن ا (١) . هذا البلازميد لا يحمل أى جين لمقاومة المضادين الحيويين ، ولكن به موقعى تحديد لإنزيم إيكور .

٧ - يهضم د ن ا (٢) باستخدام إنزيم إيكور ، فتكسر البلازميدات إلى جزأين ، أحدهما (الشظايا ب) أطول من الآخر (الشظايا جـ) ، ولكل منهما طرفان لزجان .

٨ - تخلط شظايا د ن ا (١) مع شظايا د ن ا (٣) وعندئذ تلتصق الأطراف اللزجة لتنتج بلازميدات حلقية مختلفة بالاحتمالات التالية :

١ ـ الشظايا (أ) تلتحم سويا ثانية ، فنعود إلى حيث بدأنا بـ د ن ا (١) ، وهذه البلازميدات تضفى المقاومة ضد التراسيكلين والأمبسلين .

٢ ـ الشظايا (ب) تلتحم مع الشظايا (جـ) ، والبكتيريا التى تستوعب هذه البلازميدات ستكون حساسة للتراسيكلين والأمبسلين .

٣ ـ الشظايا (أ) تلتحم مع الشظايا (ب) ، وسينتج هنا جزىء هجين ، إذ ستحتوى حلقة الـ د ن ا على جين مقاومة الأمبسلين فى حالة عاملة ، أما جين مقاومة التراسيكلين فقد انشطر إلى جزأين ، ولن يعمل . وعلى هذا ، فالبكتيريا التى تستوعب هذه البلازميدات ستكون مقاومة للأمبسلين ولكنها حساسة للتراسيكلين .

٤ ـ الشظايا (أ) تلتحم مع الشظايا (جـ) ، وسينتج هنا نفس الشىء أساسا ، فيما عدا استبدال شظية (جـ) كبيرة من د ن ا (٢) بشظية (ب) قصيرة .

٩ ـ نأخذ كمية أخرى من بكتيريا معروف أنها حساسة للأمبلسين والتراسيكلين كليهما ، ويضاف إليها كلوريد الكالسيوم وكذا الـ د ن ا البلازميدى ، وهنا تستوعب بعض الخلايا البكتيرية بعض البلازميدات .

١٠ـ تفرد البكتيريا بعدئذ فى شكل قطرات على جيلى للتغذية به أمبسلين ، وستعيش فقط البكتيريا التى تقاوم الأمبسلين لتكوّن تجمعات خلوية يسهل رؤيتها ، ويمكن عندئذ اختبار هذه البكتيريا للحساسية للتراسيكلين عن طريق نقلها إلى مسترزع يحتوى على التراسيكلين .

١١ـ البكتيريا التى استوعبت البلازميدات المطعّمة التى تحتوى على د ن ا (١) و د ن ا (٢) لابد أن تكون مقاومة للأمبسلين وحساسة للتراسيكلين ، ويمكن التثبت من ذلك بطرق أخرى باعادة استخلاص الـ د ن ا البلازميدى .

٤ الترويج لمستقبل طبى :
مستحضرات لأمراض مربحة

إن مايوجِّه متطلبات حياتنا فى هذا المجتمع هو ما يمكن أن يُصنع ويباع لإشباعها ، وهذا يعنى أن إشباع مثل هذه المتطلبات يتم بطريقة معينة ، إذ تفحص أفكارنا عما هو مطلوب ليفرز منها ما يمكن تسويقه : فى صورة بضائع أو خدمات ، أما الاهتمام العام بما يُنْتج لنا فليس له إلا أثر ضئيل - إن وجد - على تطور هذه السلع ، فإذا كان للاهتمام العام أى دور ، فهو عادة مايأتى بعد طرح السلع فى السوق . وبالنظر إلى طرق الدعاية والتسويق فى أيامنا هذه ، فستواجهه استراتيجية وُضعت خصيصا لمعالجة مثل هذه المواقف ، إذ تكون استجابة الناس قد قِيست مقدماً وعُرفت أمزجتهم ثم أُعيد توجيه أفكارهم إلى شكل ما يحتاجونه ، ونُفذ هذا تفصيلا بحيث يتم إشباعه بما سيُعرض فى السوق .

وسنجد شيئا مثل هذا يجرى طول الوقت فى مجال الرعاية الصحية ، والهدف هو الربح باستغلال رغبتنا فى الصحة ، عن طريق الاستهلاك الهائل للبضائع والخدمات ، فثُلثا مجتمعات هذا العالم تخدمه وبحرص صناعة راسخة تعتمد على المستحضرات الطبية ، أما الثلث الباقى الشديد الفقر فهو مستبعد ، ولكى نصوغ القضية الأساسية لهذا الفصل علينا أن نضعها فى الشكل المحدد التالى : كيف ستتمكن هذه الصناعة من استغلال البيوتكنولوجيا بحيث تتفق مع خطتها التجارية للصحة ؟

هنا يجب أن أقول إن كثيرا من التطبيقات الطبية للبيوتكنولوجيا سيقلل من معاناة الإنسان ، وسيسمح بعلاج بعض الأمراض بشكل أكثر فعالية ، وسيضىء بعضا من مناطق الجهل الطبى الحالى ، وهذا يُعدّ تقدما . ولكنى لا أعتقد أن البيوتكنولوجيا ستخفض من أسعار الأدوية ، أو أنها ستولى اهتماما أكبر للأسباب الاجتماعية للأمراض ، أو أنها ستمنح الناس سيطرة أفضل على طريقة تطوير الرعاية الصحية وتقديمها وتوصيلها للمجتمع أو لهم شخصيا .

تَشغل الشركات التى تزوِّد صناعة الصحة بالعقاقير جانبا من علاقة قوى ثلاثية الأطراف . إنها تزود مهنةً طبية قد كيفت للعلاج « الحاد » بغرض الشفاء

(معالجة مريض يهدده مرض أصابه بالفعل) ، علاج يوجّه بقوة نحو استخدام هذه العقاقير ، وتحتاج الشركات إلى تأمين هذا الطرف كسوق مضمون . يقوى هذا إذن ويحرض عليه الدعاية القوية وحملات التسويق الموجهة للأطباء التى تقوم بها هذه الشركات ، أما الضلع الثالث فيشغله من يعرف طبيا « بالمرضى » ، أناس يحتاجون المعونة التى يقدمها الطرفان الآخران . ويرجع دخولهم فى هذا المثلث إلى أنهم قد أصبحوا مرضى ، وهم بوضعهم هذا قد أصبحوا سلبيين : ستعاد الصحة إليهم . وتبقى السيطرة إذن للقوتين الأخريين . وتقوّى هذه العلاقة الآن باستعمال البيوتكنولوجيا فى صناعة الصحة ، وهذا هو السبب فى وضع سؤالى الأول بالشكل الذى صيغ فيه . إن مثل هذه النتيجة عار يلزم أن نقيّمه مقارنة بنواحى التقدم التكنولوجى الحديث . إن الاحساس بحاجتنا إلى هذا التقييم ـ تقييم المجتمع للمكاسب والخسائر ـ هو الذى يدفعنى للكتابة . وطبيعى أن هذه الحاجة هى التى ينكرها علينا لغو الدعاية .

هناك هدف رئيسى لجدلى هنا وهو أنه من الواجب أن يكون تجاوبنا مع هذا اللغو الدعائى الذى يحيط بالبيوتكنولوجيا تجاوبا نقديا ، فحيثما وجهت نظرك ستجد تسطيحا خياليا مبالغا فيه : هذا المستحضر سيعالج السرطان . هذا التكنيك سيحل مشاكل العالم الغذائية . هذه الفكرة ستجعل الأدوية أرخص . إن توصيل الأفكار من منضدة العمل إلى السوق يتطلب الرعاية ، والحماس ، والترويج ، بينما التسويق مستمر فى كل مرحلة من مراحل هذه العملية . فالباحثون فى الشركات يناورون مديرهم ، وهذا يداهن المجلس الأعلى لإدارة الشركة ، وهؤلاء يتصلون بالبنوك أو زملاء الصناعة أو بالحكومة . أما المقاولون المستقلون فينصبون شباكهم حول بيوت المال أو مؤسسات رأس مال المخاطرة . ينظم العلماء حملتهم للحصول على تمويل لتخصصهم . وعندما يتخذ القرار لاستخدام طريقة جديدة أو لتسويق مستحضر جديد تبتدىء الدعاية ، دعاية لم يعد أمامها إلا إقناع المستهلكين ومن يحميهم .

تأمل الكثيرون طويلا فى : أى المستحضرات سيكون « أول » ماتطرحه شركات البيوتكنولوجيا فى الأسواق . ألم تصبح شركات حديثة جدا مثل جيننتك وسيتوس مؤسسات راسخة يبلغ رأسمالها بضع مئات الملايين من الدولارات بإجمالى مبيعات سنوى يبلغ ٥ ـ ١٠ ملايين دولار ؟ والدخل فى الوقت الحالى يأتى من الخدمات لا من البضائع ، فهى تبيع المهارات المعملية لا المستحضرات . وهناك شركات أخرى تعتبر مجرد توسعات لشركات قائمة بالفعل مثل معامل بحوث بيشسدا التى تبيع كيماوياتها المتخصصة للباحثين ، ومثل نوفو إندسترى التى تسوّق من بين ماتسوّق إنزيمات للمطهرات .

لم يظهر فى السوق حتى منتصف ١٩٨٢ أى مستحضر ناتج عن التطعيم الجينى . وقد بدا فى مرحلة معينة أن أول هذه المستحضرات سيكون الإنسولين ، ولكن هذا الشرف العظيم كان من نصيب لقاح للخنازير والعجول يمنع الجفاف الناتج عن الإسهال ، ثم الموت قبل أن تتحول الحيوانات إلى بيكون أو شرائح لحم بقرى . وقد أنتجت هذا المستحضر شركة إنترفيت ، وهى شركة تابعة لشركة أكزو الهولندية المتعددة الجنسية ، والتى تعتبر واحدة من أكبر خمس شركات فى هولنده . لقد نجح الهولنديون قبل الأمريكان .

وليست اللقاحات سوى سبيل من سبل البحوث ، وسنعود إليها بعد قليل . إن قائمة الجزيئات النافعة التى ستشجِّع البكتريا وغيرها من الخلايا على إنتاجها بالآلاف كل ثانية قد غدت بالفعل طويلة وتزداد طولا كل أسبوع . ولعل أشهرها الإنسولين والإنترفيرون ، وسنبتدىء بالحديث عنهما . ونستطيع أن نضيف عددا كبيرا من الهرمونات مثل السوماتوستانين والسوماتوتروبين ، وهو هرمون نمو ، وهرمون هـ م ق غ ك (الهرمون المنشط لقشرة الغدة الكظرية) ، والثايموسين الذى ينظم الاستجابة المناعية . ثم هناك العدد الذى لا يحصى من بروتينات الدم ، مثل (معامل التجلط رقم ٨) الذى يفتقر إليه مرضى النزف الدموى ، وألبيومين مصل الدم . ثم نستطيع أن نذكر أيضا التنويعات الممكنة على الأشكال التى توجد فى الطبيعة : الجزيئات الهجينة التى قد تثير استجابة أقوى من الأشكال « الطبيعية » ، والبروتينات التى ترتبط بمركبات جزيئية أخرى لكى تصل بسلام إلى أنسجة بعينها .

تشكل كل هذه المستحضرات جزءا صغيرا من ثورة الإمكانات ، من مجرة المنتجات المحتملة لشركات الأدوية ، وللشركات التى ابتدأت فى الانضمام إليها فى صناعة الصحة من قطاع الغذاء والكيمياء . وهى لا شك ستثرى ذخيرة خبراء حضارتنا ذوى التدريب العالى ، نقصد الأطباء . ولكن ، هل ستجعلنا أكثر صحة ؟ إن هذا يتوقف على وجهة نظرك بالنسبة للأمراض وما يصنعه الدواء لمقاومتها ، وعلى هذا فالسؤال عن نوع الأدوية الذى نتوقع أن يطوَّر ، هو سؤال محورى بالنسبة لهذه القضية . ألا يوجد بالفعل الكثير من الأدوية المأمونة الفعالة التى أهمِلت ، فلا تجد من يُقبل على تصنيعها وتسويقها لأن الطلب عليها ليس كبيرا ؟ وإذا كنا نتقب بين الكائنات ، من البكتريا حتى النبات ، بحثا بينها عن الأكثر أربحية ، فإن صناعة الصحة ستفعل نفس الشىء وتبحث عن الأمراض الأكثر ربحا . والأدوية العلاجية كما نعرف لها الأهمية الأعلى ، فكلنا يحتاجها وسنظل نحتاجها دائما ، ولكن الطب الوقائى له نفس الأهمية على الأقل ، نقصد الطب الذى نعرفه فى شكل التحصين ضد الأمراض أو برامج الصحة العامة أو

التثقيف الطبى أو الطب المهنى من أجل بيئة عمل مأمونة . وتبدو البيوتكنولوجيا كما لو كانت ستستخدَم أساسا لتطوير الطب العلاجى ، ستصبح مصدراً لمستحضرات أو علاجات تقنية لبعض الأمراض ، مستحضرات وعلاجات تهمل تماما كل العمليات الاجتماعية والاقتصادية التى تصيبنا بالمرض .

الإنسولين : من المجزر إلى المعمل

يقال إن نجاح فريق جيننتك سنة ١٩٧٧ فى جعل الجين الآدمى لإنتاج الإنسولين يعمل فى البكتريا هو الذى أقنع علماء البيولوجيا الجزيئية بأن لبحوث الـ د ن ا المطعَّم أهميتها التجارية . أما قبل ذلك فلم يكن يهم العلماء إلا قيمتها التقنية بالنسبة لبحوثهم ، وابتدأوا بعد ذلك فى اكتساب صداقة محامى براءات الاختراع ، وابتدأ رجال البنوك فى مطاردتهم .

أما الوضع التاريخى الواقعى فقد كان بالفعل أكثر من ذلك تعقيدا . من المؤكد أن بعض الشركات مثل شركة شيرنج وآى . سى . آى . قد قيّمت أهمية الوراثة التطعيمية فى أوائل السبعينات فى بداية ظهورها وقررت أنها ستصبح نافعة لها فى القريب . كما أن بعض العلماء من أمثال بوير كانوا أسرع بكثير من غيرهم فى الولوج إلى البحوث التجارية ، يحثهم بعض التشجيع من سماسرة مثل روبرت سوانسون رئيس شركة جيننتك . أما بالنسبة للغالبية ، فإن اهتمامهم لم يُستثر إلا عندما ظهر الإنسولين ، العقار المعروف الواسع الاستعمال والذى يكاد يُعتبر جزيئا منزليا .

والإنسولين عقار يعتمد عليه ـ وبصفة مستمرة ـ الملايينُ من مرضى السكر من أجل صحتهم وسلامتهم ، وهو ينظِّم مخزون الجسم من السكر ، وبدونه يموت الكثيرون من مرضى السكر ، وبه يستطيعون الحياة حياة طبيعية تقريبا . فهو فى واقع الأمر أحد الكيماويات المطلوبة بكميات هائلة ، ويبلغ حجم مبيعاته السنوية فى الولايات المتحدة ماقيمته ٢٠٠ مليون دولار . وفى سنة ١٩٧٧ بعد أن تمكن فريق بوير من جعل البكتريا تنتج الإنسولين ـ وهى مادة لم يسبق لأى بكتريا أن صنعتها طبيعيا ـ عرف الباحثون أن الثراء عن طريق المهارة البحثية لم يعد مجرد خيال . ويبدو الإنسولين اختيارا واضحا كهدف تجارى لهذه التكنولوجيا لأنه يفى بالكثير من معايير المستحضر الناجح المربح .

فالإنسولين يشكل أولا الأساس لسوق راسخ ، سوق مازال ينمو . بشكل آخر ، لقد أصبح من المسلم به منذ ستين عاما أنه من الممكن وقف الآثار الخطيرة لمرض السكر على الحياة والصحة عن طريق الحقن المنتظم بالإنسولين ، فالحاجة

إلى هذا العقار إذن أمر مقطوع به ، ولا يحتاج الأطباء أن يقنعوا المرضى باستخدامه للعلاج . وثانيا . إن هذا السوق سوق مكثف ، يسيطر عليه فى الولايات المتحدة منتج واحد قوى هو شركة إيلى ليلى ، وهى شركة تسيطر مع شركة أخرى دانيمركية هى نوفو إندسترى على أكثر من ٨٠ ٪ من السوق العالمى ، وهو ما بلغت قيمته فى سنة ١٩٨١ نحو ٤٠٠ مليون دولار . إن حصة ولو صغيرة من هذا السوق تستحق الاهتمام إذن . وثالثا . إن المتوقع بحلول عام ١٩٨٦ أن يتضاعف حجم السوق ، إذ يتزايد اكتشاف مرضى السكر المحتاجين للإنسولين ، وتبين بعض التوقعات أن الطلب على الإنسولين سيزداد قريبا على المعروض منه ، فمرض السكر يتزايد فى بعض الأقطار وفى العالم ككل بسرعة ستجعل كمية الإنسولين ـ الذى يستخلص حاليا من غدد البنكرياس من ذبائح الأبقار والخنازير ـ غير كافية لسد حاجة السوق فى مرحلة من المستقبل ليست بعيدة .

أضف إلى ذلك أن إنسولين الأبقار والخنازير ليس مطابقا من الناحية الكيماوية لإنسولين الانسان ، الشىء الذى يجعل نسبة ليست قليلة من مرضى السكر يفرزون أجساما مضادة للإنسولين عند حقنه ، أى أن أجسامهم تعامله على أنه بروتين غريب ، بمعنى أن أجسامهم تبتدىء فى هدم الإنسولين قبل أن تستخدمه ، فإذا ماأمكننا صناعة إنسولين يمثل نسخة مطابقة من الجزىء الآدمى ، فلن تظهر هذه المشاكل ، وكل هذه الاعتبارات ستتجمع لتصبح حافزا هائلا لتطوير بكتريا مطعَّمة جينيا تستطيع تخليق الإنسولين الآدمى .

وبحلول سنة ١٩٨١ كانت المادة قد وصلت مرحلة التجريب الطبى لتحقن فى بعض المتطوعين . وفى سنة ١٩٨٢ وزعت شركة إيلى ليلى عينات للدعاية تمهيداً للتسويق . وفى مايو ١٩٨٢ أعلنت الشركة تطلب بعض موظفى التسويق . وفى يوليو ١٩٨٢ استقدمت الشركة بالطائرة نحو ٤٠ صحفيا أوروبيا إلى سان فرانسيسكو لمدة خمسة أيام كجزء من إجراءات طرح العقار فى السوق . وكان هذا كله جزءا من المجهود الضخم المبذول لترويج العقار .

لقد كان هذا هو التكنيك الأساسى لشركات العقاقير منذ الخمسينات ، حملة دعاية مكثفة للمستحضرات الحديثة ، تجذب حصة كبيرة من السوق تغطى تكاليف التطوير الباهظة خلال الفترة الباقية من مدة حق الامتياز الذى يحمى المستحضر أو العملية .

أما فى حالتنا هذه ، فقد أعلنت شركة نوفو إندسترى أنها قد طورت وسيلة لتحويل إنسولين الخنازير إلى الإنسولين الآدمى عن طريق بتر الحمض الأمينى

النهائى الأخير فى إحدى السلاسل وإضافة الحمض الأمينى الموازى الموجود بالهرمون الآدمى . وأنا لا أعرف السبب فى أن يتطلب هذا الأمر كل هذا الوقت الطويل ، وقد قيل إن التصعيد إلى مستوى الإنتاج الصناعى كان عملية صعبة . كان هذا تحديا واضحا للعملية البكتيرية ، صدر عن شركة تسوِّق الإنسولين منذ العشرينات ، شركة لها نصيبها الكبير فى أسواق أوروبا . وفى يونيو ١٩٨١ حصلت شركة نوفو على ترخيص ببيع مستحضراتها فى بريطانيا . وبالرغم من ذلك ، وربما أيضا بسبب النقص المتوقع فى إنتاج المجازر بالعالم ، فإن خطط عدد من الشركات لتسويق الإنسولين « البكتيرى » ما تزال مستمرة .

ظهرت فى سبتمبر ١٩٨٢ مقالة فى جريدة **الجارديان** تعرض المنافسة فى طريقة إنتاج الإنسولين كصراع جبار بين شركتى إيلى لِيلى و نوفو إندسترى ، كل منهما يعضد طريقة من الطريقتين ، وكل منهما له سمعته فى هذا المضمار . وهذان النوعان من الإنسولين يُعرضان الآن فى الأسواق بجانب غيرهما من المستحضرات . ويبقى أن نعرف إنْ كان لأيهما عيب طبى أو ميزة معنوية مقارنا بالآخر ، أو فى الحقيقة إن كان لأيهما ميزة مادية واضحة تظهر فى الميزانية . يبلغ ثمن الجرعة من إنسولين نوفو الجديد نحو ٣ جنيهات ، وهذا أغلى من إنسولين الخنازير بأربعين بنسا ، أما بالنسبة لشركة إيلى لِيلى فقد بينت الاستقصاءات تباينا واسعا فى سعر الجرعة يتوقف على التركيب ، ولو أن تقريرا نشر فى مجلة **نيتشر** سنة ١٩٨٢ ذكر أن شركة إيلى لِيلى ترغب فى أن يكون السعر أقل من سعر نوفو بعشرين فى المائة ، ولكنى أشك فى إمكان استخدام هذه الأسعار فى مقارنةٍ ذات معنى فى الوقت الحالى ، فلابد أن تكون هناك الآن مواضيع تسويقية بالغة التعقيد .

ومن المثير أن هذا التسويق يعتبر نمطا ناجحا تماما من الناحية التجارية ، يُغل لشركات الأدوية أربحية أعلى بكثير من المتوسط الصناعى . ومن الناحية الأخرى ، ليس من الواضح إن كان الجمهور قد استفاد فعلا بهذه الممارسات ، فالأسواق بالنسبة لأى مستحضر طبى عادة ماتقتسمها شركتان أو ثلاث من الشركات المتعددة الجنسية الكبيرة ، شركات تستطيع أن تتحكم فى الأسعار وتخفى مستوى ربحها عن الحكومات ، إذا ما أرادت هذه البحثَ فى سبب زيادة فاتورة الدواء . وقد حدث بالفعل أن أُجبرت بعض شركات الأدوية أن تعيد جزءا من أرباحها إلى المستهلك ، وهذا اعتراف صريح بأنها ترفع الأسعار أكثر مما ينبغى . وهناك دفاع محتمل عن هذه الممارسات المتطورة يقول ـ إذا غضضنا الطرف عن الجدل التجارى بأن ركوب المخاطرة لابد أن ينال مكافأته المجزية ـ دفاع يقول إنه قد أمكن عن طريقها تقديم تيار ثابت من المستحضرات الجديدة ، البعض

منها ـ على الأقل ـ يعتبر تفوقا حقيقيا على الأدوية المعروفة . ربما كان ثمن الأدوية الجديدة عاليا ، ولكنه كما يقول المدافعون عن شركات الأدوية ثمن يستحق أن يدفع . إننا نفترض فى هذه المناقشة أن تحسين الصحة ينتج عن ، أو لابد أن ينتج فقط عن ، ظهور العقاقير الجديدة ـ أو من التحسينات فى الطب الإكلينيكى .

ويقدم مرض السكر دليلا قويا على أن هذا الجدل زائف . ولو أن هذا لن يجعل اتخاذ القرارات السياسية أبسط بحال . إننا لونظرنا إلى رسم يبين نسبة حدوث مرض السكر فى الزمن ، فإن السؤال الواضح سيكون : لماذا ينتشر المرض بهذا الشكل ؟ هناك من البراهين المقنعة ما يقترح أنه بالرغم من أن الاستعداد لمرض السكر قد يكون وراثيا ، إلا أن العوامل الغذائية تلعب دورا بارزا فى تحديد ما إذا كان هذا الاستعداد سيبين واقعيا . وإذا أردنا تبسيط هذه القضية قلنا إن معظم الإصابة بمرض السكر تنتج عن الطعام ، وإن كان هناك من يولد وهو يحمل فى تركيبه الوراثى ما يجعله عرضة لمرض السكر . فإذا مانظرنا إلى استهلاك الفرد فى الغرب اليوم من السكر والدهون والكربوهيدرات قليلة الألياف ، فمن الضرورى أن يكتسب البعض منا بعض أعراض مرض السكر أثناء حياتهم . فإذا تحولنا إلى غذاء ذى نسبة ألياف عالية ، فإن نسبة أقل بكثير ستصاب بالمرض .

هناك تعليل لحدوث مرض السكر ، تعليل ليس مثبَتا وإن كان مقنِعا ، يعتمد على دراسات أجريت على أناس اتجهوا إلى الثقافة الغربية بسبب التطورات الاقتصادية أو التحضر ، يمكن إثبات أن أغذيتهم وأمراضهم قد اختلفت لهذا السبب . توجد فى كينيا وأوغندة سجلات طبية تمتد عبر فترة التمدن التى نُقل فيها بعض الأفارقة المعدمين من الريف إلى المدن ومن الممكن منها توثيق التغيرات فى تغذيتهم . لقد ازدادت بهم أمراض القلب وتصلب شرايين المخ وضغط الدم والسمنة ومرض السكر والعديد غيرها مما أسماه بيركيت وتروديل « أمراض الغرب » . ويمكن أيضا أن نلاحظ نفس الشىء فى الباسفيك وفى آسيا وبين الهنود الأمريكيين وفى شمال أفريقيا والشرق الأدنى .

دعنا نفترض للحظة أننا استطعنا إثبات صحة هذا السبب ، وهو مالم يحدث حتى الآن . إن التضمين الواضح لذلك هو أن رفع المستويات الصحية للناس يلزمه أن يأكل الناس كميات أقل من السكر ومن الملح والدهون الحيوانية ومن الأغذية المصنعة التى فقدت أليافها ، عندئذ ستنخفض نسبة الإصابة بمرض السكر كما انخفضت نسبة أمراض القلب ، ولو أمكن أن نعكس النظام الغذائى للمائتى سنة الماضية فى الدول الصناعية ، أولمدة أقل بكثير فى الدول النامية ، عندئذ سيتناقص انتشار مرض السكر ومعه الحاجة للإنسولين . هل هذه

التـوقعـات تعنى أن محاولات إنتاج الإنسـولـين من البكـتريا ـ التى أعيدت برمجتها ـ ليست بالضرورية ؟ لا أعتقد هذا .

إن مرض السكر مرض شائع ، وهناك فى دولة كبريطانيا ٦٠٠ ٠٠٠ مريض بالسكر يحتاج الكثير منهم الإنسولين يوميا ، أى واحد فى كل تسعين . وحتى لو أمكن تغيير نظام تغذية هؤلاء فستستمر حاجة الكثير منهم للإنسولين ، كما أن معـدل الإصـابة الجديدة بهذا المرض لن ينخفض إلى الصفر حتى لو كان تغير العادات الغذائية هائلا وثابتا ومعززا ، وهو مالن يحدث ، وعلى هذا فإن الآلاف من المرضى الجدد سيحتاجون الإنسولين فى المستقبل حتى ولو نقص المعدل العام للطلب . وبالرغم من أنه لايبدو على المدى الطويل أن الإنسولين الجديد سيكون أرخص سعـرا ، إلا أنـه ربما كان أكثر تميزا من الناحية الطبية . فإذا ماتمكنت الشركـات « المحلية » ، من تصنيعـه ، وبفـرض أن حماية حق الامتياز وشراء التراخيص لا تضفى حق الاحتكار على الشركات المهيمنة مثل شركة إيلى لِيلى ، فإن الدول الصناعية كبريطانيا تستطيع أن توفر التحويل النقدى للخارج ، إذ لن تحتاج عندئذ إلى استيراد العقاقير التى قد ينصح بها الأطباء .

ولكن هناك حاجة واضحة لمحاولة خفض الطلب على الإنسولين ، تحجبها الضجة الإعلامية عن الإنسولين الأفضل الأقل سعرا ، تلك الضجة التى تثبت فى الأذهـان أنْ لا مفـر ـ المـرض مؤكـد ، إنه دائما معنا ، وليس أمامنا إذن إلاّ علاجه . والواضح أن هناك بدائل أخرى ، ولكنها تعنى العمل ضد آثار التمدن فى الدول النامية ، وضد الأنشطة المروِّجة لصناعة الأغذية المحفوظة ، وضد إقبال النـاس القلقـين المشغولين على تعاطى الحلوى والأغذية الطرية الغنية بالدهون والملح ـ وهو إقبال قد وُجِّه بعناية . ولكن إذا لم نحاول أن ننفذ هذا ـ مهما بلغت صعوبته ـ فستكون النتيجة أن يقاسى عدد أكبر وأكبر من الناس على اتساع العالم من آثارِ هذا المرض بشكل لن توقفه حقَن الإنسولين . أما مالا يعرفه الكثيرون من غير مرضى السكر بل وبعض المرضى به ، فهو أنه حتى إذا دَفَع الإنسولين الجسم ليتعامل مع السكر بصورة فعالة ، فإن مرض السكر يستحضر معه دائما أضرارا للعينين والقلب والجهاز الدورى والأطراف . فمثلا ، سنجد أن زيادة الاصابة بمـرض السكر تتسبب فى إصابة عدد أكبر من الناس بالغرغرينا ، وهذا وضع لا تخلقه شركات الأدوية ولكن من الضرورى أن نؤكد أن هذه الشركات تشترك فى جريمة استمرار هذا المرض بسبب تركيز بحوثها ومجهوداتها التسويقية فى اتجاهاتها الحالية .

وإذا ما استخـدمت البيوتكنـوجيا بهذه الطريقة فإنها تصبح أداة فعالة فى

تطوير شركات رأسمالية ، ولكن هذا ليس سببا كى نشجبها تماما . إن الفوائد الايجابية الغظيمة التى يمكن أن تنتج عنها تتوقف على الاتجاهات والاستخدام الـذى ستختاره . إنه إذن جدل حول العلاقات الاجتماعية التى تحدد أولويات العلم وتنتظم فيه ـ علم الرعاية الطبية فى هذه الحالة بالذات . إننا لا نستطيع أن نفصل الحاجة إلى الجدل العام حول البيوتكنولوجيا عن كل القضايا الأخرى التى تطرحها هذه العلاقات الاجتماعية . إن هذا يعنى قبل كل شىء أن نفصل البيوتكنولوجيا عن الضجة التى تحيط بها وبتطبيقاتها . وفى قصة الإنترفيرون دليل آخر على هذه الحاجة .

الإنترفيرون : بعث جزىء هوى

فى سنة ١٩٥٧ أثبت أليك إيزاكس ، عالم الفيرولوجيا البريطانى ، وزميله السويسرى جين ليندبمان ، أنه من الممكن تحصين أجنة الدجاج ضد الإصابة الفيروسية عن طريق مادة تفرزها الخلايا التى سبق تعرضها للفيروسات . ويبدو أن أحد سبل دفاع الخلايا عن نفسها يكون بأن تفرز مادة تعرقل أية إصابة جديدة ، وقد أطلق إيزاكس على هذه المادة اسم إنترفيرون ، وقد ثبت أن لها ـ كجرعة صغيرة ـ أثرا شديد الفعالية ، كما أنه من الصعب جدا أن تنقًى ، وقد أثارت اهتماما مباشرا كوسيلة محتملة لعلاج الأمراض الفيروسية ، كالحصبة والأنفلونزا والهربس والجدرى ، وبالتدريج بنيت الآمال فى أن يكون هذا الإنترفيرون هو العقار الفيروسى المكافىء للبنسلين ، المضاد الحيوى . سيكون الإنترفيرون إذن هو « الدواء العجيب » الذى سيوقف الفيروسات فى مساوها إذا ما أمكن تحضيره فى كميات كافية للاستهلاك الإكلينيكى .

شكِّلت لجنة تضم ممثلين عن الأجهزة الحكومية للتمويل والرعاية وعن الشركات (شركة بوتس وجلاكسو وآى . سى . آى) للنظر فى إمكانات استغلال هذا البحث . وكان مفتاح النجاح هو سهولة واقتصاديات إنتاج الإنترفيرون بكميات تسويقية ، ثم اتضح أنه لا يمكن تذليل الصعوبات التقنية ، وبذا تضاءل الاهتمام الصناعى بالإنترفيرون فى منتصف الستينات . أما إيزاكس نفسه ، وهو فى حد ذاته شخصية درامية ، فقد مات صغيرا سنة ١٩٦٧ بعد أن كافح كى يُبقى فكرته عن الإنترفيرون على قيد الحياة .

استمر بعض الباحثين فى العمل بلا كلل يحاولون إيجاد طرق لزيادة إنتاج بعض النظم الحية من الإنترفيرون . وأصبح كارى كانتل ـ العالم الفنلندى ـ هو المنتج الرئيسى لهذه المادة فى العالم بعد أن تمكن من استعمال خلايا الدم البيضاء ـ غير المطلوبة ـ من برنامج تبرعات الدم الخاص بالصليب الأحمر الفنلندى .

ومـا يزال معمله حتى الآن هو المنتج الـرئيسى ، غير أن صعـوبة استخلاص الإنترفيرون إنها تعنى أن ثمنه سيكون فلكيا ، وعلى سبيل المثال فإن معمل الدكتور كانتيل استخدم سنة ١٩٧٨ أكثر من خمسين ألف لتر من الدم لينتج ١ر٠ جرام فقط من الإنترفيرون النقى (ولو أن هذا القدر البسيط يكفى لعلاج ٢٠٠ مريض مصابين بأمراض فيروسية) .

ثم تغـير الموقف فى منتصف السبعينات ، إذ تزايد الاهتمام كثيرا بإمكان استخدام الإنترفيرون فى علاج أنواع مختلفة من السرطان ، بالرغم من أن العملية التى تُغير فيها بعض الخلايا حالتها الطبيعية لتبدأ فى تكوين الأورام هى عملية مفهـومـة فى بعض الحـالات ، إلا أن أحـداً لا يعرف السبب الذى يحرك هذه العملية . إننا نعرف أن هذه العملية يمكن أن تبدأ عن طريق مجموعة معينة من المواد تسمى المُسَرطِنات ، وهى مجموعة تضم عدداً كبيراً من المواد ـ كالأسبستوس وكلوريد الفينايل والبنزين ، كما نعلم أن بعض الفيروسات تسبب هذه الظاهرة فى الثـدييات وفى الـطيور ، ولكن أحـداً لم يستـطع أن يوضح بشكل مقنع وجود فيروسات تستطيع أن تحيل خلايا الإنسان إلى خلايا سرطانية . ونعلم أيضا أن الاستعداد للإصابة ببعض أنواع السرطان قد يكون وراثيا ، نعنى أنه يبدو أن سبب السرطـان أمـر معقـد يتضمن بعض أو كلّ هذه المسرطنات والفيروسات والجينات . وتتضمن هذه العبارة من بين ما تتضمن : أن المادة التى تثبط الإصابة الفيروسية قد تكون أيضا علاجا قويا ضد السرطان .

وفى غضـــون ما أثـاره هذا من اهتـمام ، ظهـرت طرق جديدة لإنتـاج الإنترفيرون الآدمى من مزارع الخلايا ، ثم تحول اهتمام شركات البيوتكنولوجيا التى تم إنشاؤها فى أواخر الستينات إلى إنتاج إنترفيرون فى البكتريا . وفى يناير ١٩٨٠ أعلن دكتور شارلس فايسمان ـ العالم بجامعة زيوريخ وشركة بيوجين فى جنيف ـ أعلن فى مؤتمـر صحفى بنيويورك أن فريقه البحثى قد نجح فى زراعة جينات الإنترفيرون الآدمية فى إ . كولاى . وتسببت هذه الواقعة التى ذكرت فى الفصل الثانى ، فى موجة من الاحتجاجات من العلماء ، الذين شعروا بأنهم أمام تأكيدات غير مختـبرة تطلَق فقط لأغراض الدعاية والترويج . ولكن الإنترفيرون يحاط بهالـة من التقـديس ، فهـو يعتبر أكثر المتستحضرات سحراً داخل جعبة البيوتكنـولـوجيا الحـديثـة . إن إنتـاج واختبـار وتـرخيص كميات تسويقية من الإنترفيرون لهو واحد من أعظم المكاسب بالنسبة لشركات البيوتكنولوجيا ، ومنذ إعـلان فايسـمان هذا ازدادت سرعة البحوث والتطور بدرجة درامية ، وابتدأت شركـات مثـل جيننتك وبيوجين وسيتوس وجينكس وهوفمان لاروش وسيرل فى العمل الشاق من أجل إنتاج مستحضر الإنترفيرون للتسويق .

غير أن نتـائج التجارب الإكلينيكية لم تكن قاطعة . كما أن طريقة عمل الإنترفيرون لم تزل مجهولة . أما ما أوضحه هذا الانفجار المكثف للنشاط فهو أن الإنترفيرونات تكوِّن عائلة من الجزيئات يبلغ عددها نحو عشرين ، ينتجها عدد من الجينـات . وقد أسرع هذا الاكتشاف من تركيب إنترفيرونات « هجينة » ، وهى صور اصـطنـاعية من الجـزيئـات تحددها مجموعة الجينات التى اكتشفت مؤخرا . أما هذا الخلط المتعمد للحزمة الجزيئية فقد سمح بالبحث عن عقاقير أكثر فعالية ضد الفيروس وضد الأورام ، ولكنه أشار أيضا إلى طريق للحصول على براءات اخـتـراع « لمستـحضرات جزيئـية مصـنـعـة » . إن قضية توثيق الإنترفيرونات الطبيعية ستكون ضعيفة ، أما قضية توثيق « مستحضرات مصنعة » جزيئية « جديدة » فقد تكون أقوى .

ماذا نفهم من كل هذا النشـاط ؟ لقـد أصبـح الإنـتـرفـيرون فجأة مادة ساحرة ، إكسيراً ، أصبح « الدواء العجيب » المنتظر مرة أخرى . وهناك قصص تروى عن مرضى بالسرطـان يدفعـون مبـالـغ طائلة لشراء صنف ردىء من الإنترفيرون من السوق السوداء جريا وراء أمل عقيم فى الشفاء ، وهناك تقارير عن أطباء يجمعون المال من أجل شراء الإنترفيرون لمرضاهم . وفى الولايات المتحدة أدانت مصلحة الغذاء والدواء بيع مستحضر إنترفيرون صنع فى شكل إضافات غذائية كأقراص فيتامين ج . وفى الاتحاد السوفيتى يباع الإنترفيرون فى جرعات غاية فى الصغر - جرعات ربما كانت عديمة الفائدة - تستعمل فى شكل رذاذ لعلاج البرد . الإنترفيرون إذن يحرك الأمل فى نفوس الكثيرين . فهل هذا هو نوع الهدف الذى ستختاره البيوتكنولوجيا الطبية ؟ ليس هناك إجابة قاطعة على هذا السؤال تماما كما رأينا فى حالة الإنسولين . وسيعتمد تقديرنا لما حدث على وجهة النظر التى نتخذها بالنسبة لأسباب المرض وعلى آرائنا عن الأولويات فى مجال الصحة . فإذا ما آمنا بأن البحث الطبى يجب أن يبنى أساسا حول شعور بحثى حدسى مكرس لكشف المواد اللازمة للطب العلاجى ذى التكنولوجيا العالية ، عندئذ ستبدو دراما الإنترفيرون بالتأكيد منطقية يمكن الدفاع عنها ، ونقصد بالدراما ذلك الانبثاق الفجـائى للبحث « البطولى » للعثور على الرصاصة السحرية ضد هذا المرض الخبيث . صحيح أن التجارب الاكلينيكية قد بينت الآن أن الإنترفيرون ليس هو المستحضر الكيماوى العلاجى الفريد للسرطانات ، ولكنا ، وقد عرفنا الآن الكثير عن نظام الإنترفيرون ، ما تزال تجذبنا إمكانية استعماله لعلاج سلسلة طويلة من الأمراض الفيروسية الخطيرة .

ومن النـاحية الأخرى ، يرى البعض أن البحث الحيوى الطبى لابد أن يوجَّه أكثر وأكثر نحو الطب الوقائى ، وخصوصا بالنسبة لمرض كالسرطان ، الذى

تتسبب العوامل البيئية فى نسبة كبيرة من الإصابة به ، عوامل مثل التعرض المستمر للمُسَرطِنات فى مكان العمل . ومن وجهة النظر هذه يكون التوجيه الفجائي للموارد نحو إنتاج الإنترفيرون لتوطين سوق جديد مكثف ، تهوراً محزناً ، وميلا تجاه الكسب على حساب معايير الصحة .

عرضنا - بالطبع - وجهتى النظر بالنسبة للطب والبحوث الطبية وكأنهما متنافيتان ، أى كما لو كان الممكن فقط هو إما الطب الوقائى وإما الطب العلاجى . وهذا ليس صحيحا . كما أنه من الخطأ أن نلمِّح إلى أن الجهد أو الاستثمار فى بحوث الإنترفيرون يتسبب بأى شكل بسيط أو مباشر فى تناقص الموارد المتاحة للوقاية من السرطان ، وإذا ما حدث مثل هذا الأمر فإنه يحدث من خلال عمليات أكثر تعقيدا بكثير ، ونفس هذه الاعتبارات تنطبق على الإنسولين ومرض السكر ، فمن المؤكد أن إثارة الجماهير فى حد ذاتها ، الإثارة التى وُجِّهت بعناية نحو التخليق البكتيرى للإنترفيرون ، وهو أمر له بُعد تمويلى واضح ، لم يكن لها إلا أن تساعد فى تقوية وجهة النظر المضلِّلة القائلة إنه من الممكن أن يكون فى مادة مثل الإنترفيرون الحلّ لمشكلة السرطان . إن هذا عار ، لأن هناك طرقا عديدة أقل إثارة يمكن أن نطرقها لمنع السرطان . غير أنها لا تتوافق مثل توافق الإنترفيرون مع البناء الاجتماعى الاقتصادى للدول الصناعية المعاصرة .

وبنفس الشكل ، فإن تصورنا أن فى الإنترفيرون الحل لمشكلة الأمراض الفيروسية هو شىء بشع ، لأن الملايين ممن تصيبهم الحصبة أو شلل الأطفال أو الالتهاب الكبدى هم فى الأغلب من الفقراء المحرومين من الرعاية الطبية الذين لا يمكنهم الحصول على الإنترفيرون ، وممن يعانون من سوء التغذية بحيث لا يستطيعون مقاومة أمراض كالحصبة والإنفلونزا . إن الكثير من الفيروسات لايقتُل إلا من أضعفهم الفقر والاستغلال .

هرمونات النمو : استكشاف السوق

ناقشنا حتى الآن مستحضرات لها سوق محتمل كبير ، والحق أن من بين ما ناقشتُ من القضايا : السبب فى أن يكون السوق أو الطلب كبيرا - إجتماعيا واقتصاديا ، وما إذا كان من اللازم أن يظل هكذا . ولكن السوق بالنسبة لهرمونات النمو فى الإنسان ليس بهذا الاتساع . فربما كان هناك طفل واحد فقط من بين كل ٥٠٠٠ طفل يعانى من تاخر النمو بسبب نقص هرمون النمو . ويوجد فى بريطانيا الآن ٢١ مستشفى تعالج نحو ستمائة طفل سنويا بهذا الهرمون . وفى أمريكا يُعتقَد أن عدد الأطفال الذى يُحقن ثلاث مرات أسبوعيا بهذا الهرمون يبلغ ألفى طفل فى السنة ، وهذا فى حد ذاته لا يشكل سوقا مكثفة ، وحتى إذا سمحنا

بربح مجز فى كل جرعة من هذا الهرمون ، فلن تجنى شركة ـ فى الأوضاع الحالية ـ الشىء الكثير إذا دخلت هذا المضمار .

تبلغ تكاليف الهرمون اللازم لمعالجة الطفل الواحد فى الوقت الحالى نحو ١٠٠٠٠ جنيه سنويا ، فاذا ما أمكن تحضير هرمون جديد بكتيرى بتكلفة أقل ويسمح رغم ذلك بربح يبلغ ٥٠٠٠ جنيه فى الطفل ، وهو وضع سيوفر أيضا الكثير لنظام التأمين الصحى ، فإن العائد السنوى الكلى سيبلغ نحو ثلاثة ملايين من الجنيهات ، وهذا يعتبر مبلغا صغيرا بالنسبة للشركات الكبرى . ولن تُغرَى هذه الشركات إلا إذا أمكن تطوير المستحضر بحيث يصبح له سوق أوسع . لماذا إذن يظهر هرمون النمو بين المستحضرات التى تحاول شركات الهندسة الوراثية دفعها إلى السوق ؟

يتجذر العلاج بهرمون النمو فى البحوث الإكلينيكية . إن إفراز الكمية المضبوطة من هرمون النمو فى مرحلة العمر المناسبة هو شىء أساسى بالنسبة للنمو الطبيعى . ويفرز هذا الهرمون من الغدة النخامية الموجودة عند قاع المخ ، أما وظيفته فهى تنسيق عمليات النمو ، فإذا لم يفرز الهرمون أصبح الفرد قزما .

من الممكن استخلاص الهرمون من الغدد النخامية المحفوظة المأخوذة من جثث الموتى ، وهذه فى الواقع هى وسيلة توفير الهرمون للمستشفيات بالمملكة المتحدة منذ أوائل الستينات ، عن طريق مشروع يموله مجلس البحوث الطبية . وفى ذروة الإنتاج استخدِم فى هذا المشروع ٤٢٠٠٠ غدة سنويا ، لتحضير ما يكفى حاجة الدولة ، وعلى هذا الأساس فإن المريض يحتاج إلى سبعين غدة لتوفى احتياجاته من الهرمون فى السنة ، ويبلغ ثمن هذه ١٠٠٠٠ جنيه . وهذا ثمن باهظ (ولو أنه لايزيد عن أجر عملية جراحية كبرى) . وفائدته للأطفال عظيمة . أما السبب فى قلة من يظهر بهم الآن ذلك التخلف الشديد فى النمو مقارنة بالوضع منذ ثلاثين عاما ، فإنما يرجع إلى هذا العلاج الناجح .

وفى سنة ١٩٧٧ سُلمت إدارة المشروع إلى وزارة الصحة والأمن الاجتماعى ، وهى المسئولة عن مصلحة الصحة العمومية . ومن هذا التاريخ انخفض إنتاج الهرمون ، وقيل إن هناك أسبابا عديدة وراء ذلك ، أولها أن هناك احتمالا بأن يكون الأساس القانونى لنزع الأعضاء فى المستشفيات أو المشرحة العامة غير سليم . والمؤكد أن إحدى سلطات الصحة الإقليمية قد أوقفت هذا الإجراء فى سنة ١٩٨١ ، بل وأشارت التقارير الصحفية إلى أن مسئولى مصلحة الصحة العمومية قد أصيبوا بالدهشة من أن هذا كان يحدث . وثانيها أن التغير فى

طريقة مكافأة ملاحظى المشرحة للقيام بهذه المهمة الكريهة كان وراء انخفاض الناتج . وثالثها أن هناك تضمينا واضحا فى تصريحات بعض المشتغلين أن الترتيبات الإدارية التى وضعتها وزارة الصحة والأمن الاجتماعى لم تكن فعالة بما فيه الكفاية . وقد حُول الإنتاج الآن إلى مركز بحوث الميكروبيولوجيا التطبيقية فى بورتون داون - الذى كان يوماً مؤسسة للحرب الجرثومية - حيث يجرى العمل أيضا لإنتاج هرمون النمو من البكتريا . إن الطريقة البديلة هى أن ننقل الجينات التى تحدد الهرمون إلى بكتريا مثل إ . **كولاى** ، ثم أن يستخلص الهرمون من المزارع البكتيرية . وقد تم هذا فعلا فى سنة **١٩٧٩** . والمتوقع أن يكون هذا النمط الإنتاجى أرخص بكثير من طريقة المشرحة ، لنوفر المال بذلك لمصلحة الصحة العمومية .

هنا إذن مادة يحتاجها وبشدة عدد محدود من الناس ، وطريقة إنتاجها الحالية عالية التكاليف ، كريهة ، وعرضة لسوء الاستخدام ، والإنتاج فى المملكة المتحدة على ما يبدو يقابل الحاجة تقريبا ، وربما ازداد الطلب قليلا بزيادة حالات تأخر النمو القابلة للعلاج التى يمكن تشخيصها . أما على المستوى العالمى فإن الموقف يختلف . ففى سنة **١٩٨٢** اقترح رئيس شركة كابيجين ، شركة الهندسة الوراثية التى أنشاها كابى فيتروم ، إقترح أن كمية المادة التى ينتجها نابشو الجثث لاتكفى إلاّ لعلاج سدس حالات القزمية الناتجة عن تدنى إفراز الغدة النخامية ، ثم أكد أنه بالرغم من التنقية المدققة وطرق الاختبار ، فإنه من الصعب أن نستبعد احتمال احتواء هرمون النمو المحضر بهذه الطريقة على بعض ما يسمى « بالفيروسات البطيئة » التى تهاجم نسيج المخ . والتخليق البكتيرى يلغى كل هذه المشاكل .

كما اقترح أيضا أن تخفيض تكاليف إنتاج هرمون النمو ربما يؤدى إلى سوء استخدامه . إذ ربما يستخدمه بعض من يرغبون فى إطالة قامتهم ، ممن ليسوا قصاراً مرضيا . ولأننا نعرف أن طول القامة يسبب القلق للكثيرين ، ولاسيما من المراهقين ، فمن المحتمل أن يحاول بعض المنتجين عديمى الضمير تسويق عقاقير زيادة الطول .

إن هذا بالتأكيد شىء محتمل الوقوع ، وإن بدا أن المشكلة هنا لاتختلف فى كثير أو قليل عن سوء استخدام ستيرويدات الأيض فى الرياضة أو البنزدرين فى المتعة . إنه دليل على الحاجة إلى قانون ، وهو شىء نحتاجه على أى حال ، أيضا للرقابة الطبية على المستحضرات الجديدة ، وهو لايبطل مشروع إنتاج هرمون النمو فى البكتريا .

ولكن ، يظل السؤال قائما : لماذا تهتم بهذا الموضوع الشركاتُ الموجَّهة للإنتاج المكثف ؟ يبين السجل التاريخي بوضوح أن العمليات التجارية لاختيار المستحضرات للتصنيع عادة ما « تُيَتِّم » العقاقير التى يكون الطلب عليها قليلا . والمؤكد أن تقديرات التسويق بالنسبة لهرمون النمو تشير إلى أن هناك توقعات لاستعمالات له أخرى . وفى سنة ١٩٨٢ ذكر مدير شركة سلتك ، فى مدينة سلو ، أن حجم السوق بالولايات المتحدة يبلغ نحو مائة مليون دولار سنويا ، وهو رقم يبلغ أضعاف المطلوب لمعالجة حالات القزمية الناتجة عن انخفاض إفراز الغدة النخامية . أما السبب المحتمل لهذا فهو أن هرمون النمو سيستخدم بطريقة حديثة لإسراع نمو الأنسجة واندمال الجروح عقب العمليات الجراحية ، ولمساعدة التئام كسور العظام بعد تقويمها ، وللمعاونة فى علاج الحروق والتقرحات . وهناك سبب آخر هو أن الهرمونات من كل الأنواع الثديية متشابهة تقريبا من الناحية الكيماوية ، وبذا فإن التعرف على كيفية صناعة هرمونات النمو الآدمية يشبه تماما التعرف على تحضير هرمون نمو الماشية أو الخنازير أو الأغنام من البكتريا ، وسوق هذه الهرمونات هائل . وهناك تقرير ظهر سنة ١٩٨٢ يقول إنه من الممكن تسويق ما قيمته ٥٠٠ مليون دولار سنويا من هرمونات نمو الماشية والخنازير ، أى خمسة أضعاف سوق الهرمون الآدمى . والحق أن محفزات النمو قد تزايد استعمالها بكثرة فى الزراعة لأنها تقلل من الزمن والتكاليف اللازمة لتسمين حيوانات المزرعة حتى تصل إلى وزن التسويق .

ولكن المشكلة تكمن فى أن مثل هذه الممارسات تترك بقايا الهرمونات فى اللحم لفترة معينة بعد الذبح . فإذا لم يترك اللحم الوقت الكافى بعد الذبح قبل الاستهلاك فمن الممكن أن يتلقى من يأكلونه جرعات من هرمون النمو ذات آثار جانبية طبية خطيرة . وهناك تقارير أخيرة من بورتوريكو عن مشاكل فى الغدد الصماء بين الأطفال سببها لحم يحمل هرمونات بيع بطريقة غير شرعية . كما أعلنت السلطات الزراعية الفرنسية فى صيف ١٩٨٢ أنها ستحرم استيراد لحوم الأغنام التى تحتوى على مستويات عالية غير مقبولة من الهرمون ، ويرجع هذا جزئيا إلى توقع مشاكل طبية مشابهة ، والهرمونات ـ تماما كالمضادات الحيوية ـ لها استخدامها فى المستشفيات ، فإذا ما استخدمت فى الزراعة دون رقابة فإنها تخلق مشاكل صحية خطيرة .

مستحضرات الدم : الصراع من أجل ملكية خاصة

الدم مزيج من مئات من المكونات ، تقع جميعا أساسا فى مجموعتين رئيسيتين : خلايا الدم مثل كريات الدم الحمراء التى تنقل الأكسجين ، ثم السائل الذى يحوى الكثير من البروتينات والمسمى بالبلازما ، وأكثر هذه البروتينات وفرة هو ذلك المسمى ألبيومين المصل الذى يحفظ حجم الدم بالجسم ، وتشمل البروتينات الأخرى بمصل الدم عناصر جهاز التجلط المختص بتكوين جلطات الدم على الثقوب التى تحدث بالأوعية الدموية . ومن بين هذه البروتينات عامل التجلط رقم ٨ ، الذى يفتقده معظم المصابين بسيولة الدم .

يمكن بسهولة فصل البلازما من الدم ، ولكن الأصعب هو فصل أجزاء معينة منه ، وإن كان هذا قد أصبح الآن ممكنا باستخدام تكنولوجيا مأخوذة عن صناعة الألبان فى فصل الخثرة عن الشرش . ولقد نتج عن الحرب العالمية الثانية عمل كثير فى بدائل البلازما للاستخدام فى ميدان القتال . وفى سنة ١٩٤٦ وصف فريق من هارفارد الطرق الفيزيقية الكيماوية لفصل بعض البروتينات ، وقد قَدم هذا العمل على الهيموجلوبين - بالإضافة إلى مشاريع أخرى مرتبطة - قدم الكثير من البيانات الأساسية عن تركيب البروتين ، بيانات اعتمد عليها علماء البيولوجيا الجزيئية كثيرا بعد الحرب .

كانت الأبحاث فى اليابان تمضى أيضا ولكن تحت ظروف من وخشية لا مثيل لها ، وذلك بمعسكر فى هاربين بمنشوريا المحتلة ، حيث كان الأسرى يُستخدمون كفئران تجارب . ولما انتهت الحرب ، عقد القائمون على المعسكر من الضباط والعلماء صفقة مع موظفى المخابرات الأمريكية تم بها تبادل المعلومات عن مجموعة واسعة من التجارب فى مقابل حريتهم . ويظل السبب غامضا ، كيف كان هؤلاء فى موقع يسمح لهم باقتراح مثل هذا الحل ثم كيف قبله الأمريكيون . وقد التحق واحد من علماء المعسكر بشركة جرين كروس للأدوية لتبتدىء سريعا فى تسويق أول بلازما دم صناعية .

تقدمت تكنولوجيا تصنيع البلازما بشكل واضح منذ هذا التاريخ ، وأصبح فى الإمكان الآن أن يمرر دم مريض داخل جهاز تجهيز للدم موجود بجوار سريره فيزيل منه أنواعا معينة من خلايا الدم أو مكوناته ، كالأجسام المضادة مثلا ، كما أنه من الممكن أيضا فصل البلازما من دم متطوعين اختيروا لتوفر مكونات فى دمهم ذات فعالية خاصة أو نادرة ، والتبرع بها يمكن أن يسمًّى كميات كبيرة من « البروتين » يعتبر عملية خطيرة . ويسمح فى أمريكا للفرد بالتبرع بكمية من البلازما تصل إلى اللتر أسبوعيا ، أما فى أوروبا فالكمية الموصى بها لا تزيد عن

ربع هذا المقدار أسبوعيا . ويعوِّض الفقد لدى المتطوعين بالبيومين مصل هو نفسه مأخوذ من آخرين . كما يمكن أيضا أن تُجهز البلازما فى مواقع مركزية بعد فصلها من الدم الكامل فى مراكز نقل دم إقليمية ، ثم تجزيئها إلى مكوناتها من البروتينات المفردة مثل العامل رقم ٨ المطلوب لعلاج مرض سيولة الدم . وتنتج هذه المستحضرات فى بريطانيا فى الوقت الحالى فى المعمل القومى لمستحضرات الدم فى إلزترى الذى تديره وزارة الصحة والأمن الصناعى لمقابلة احتياجات مصلحة الصحة العمومية . ولعل العامل رقم ٨ هو أحد أهم المستحضرات ، وهذا المعمل يوفر المستحضر لنحو ٣٠٪ من مرضى سيولة الدم فى بريطانيا فى صورة مركز مجفف بالتجميد يمكن إبقاؤه فى الثلاجة واستعماله عندما يبتدىء النزف الداخلى ، وهو نزف كان قبلا ـ يقعِد المريض . وكان من نتائج هذا أن أصبح العلاج أكثر سهولة وأكثر مرونة ، ليحسِّن بشكل واضح صحة الأطفال المرضى بهذا الداء .

والواقع أن عدد المتبرعين بالدم فى بريطانيا يكفى لتغطية كل الطلب على مستحضرات الدم ، ولكن التركيب الإدارى العتيق يفشل فى أن يوفق بكفاءة بين المتوفر وبين المطلوب فى الأقاليم ، كما أن هناك صعوبات فى عملية النقل عند توصيل البلازما لمركز التجهيز بالسرعة المطلوبة . إن انخفاض الاستثمار فى التكنولوجيا الحديثة فى إلزترى قد جعل إنتاج مستحضرات الدم منه قليلا أيضا . وقد تسببت هذه المشاكل جميعا فى أن نظل نشترى الثلثين الباقيين من حاجتنا من عامل التجلط من الموردين التجاريين لمستحضرات البلازما وبتكاليف هائلة ، إذ يبلغ ثمن الحقنة الواحدة نحو ٧٠ جنيها، والبلازما التى يعزل منها عامل التجلط تأتى من أشخاص مدفوعى الأجر لا من متطوعين كما هو الحال فى برنامج نقل الدم القومى بالمملكة المتحدة ، ويقال إن هذا يزيد من خطر التلوث بفيروس التهاب الكبد الذى يسبب مرضا مزمنا بالكبد ، لأن الأشخاص مدفوعى الأجر ـ وقد يكونون من مدمنى الخمر أو الهيروين ـ قد تدفعهم الحاجة الماسة للنقود إلى التصرف فيما يمتلكون من « أصول » قليلة ـ نقصد دمهم ـ فيخفُون سجلهم الصحى . والمعروف أيضا أن بعضا من سماسرة البلازما يُخفون مصدر البلازما التى يسوِّقونها وذلك بتوزيعها من خلال وسطاء .

توجد طرق عديدة للتعامل مع هذا الموقف أحدها هو تحديث مؤسسة إلزترى الحكومية وتقوية روابطها الإدارية مع المناطق الصحية ، وهناك أيضا فكرة بيع موقع تجهيز الدم لمؤسسة خاصة على أن يستخدَم برنامج نقل الدم القومى كمورد أساسى ، أو وحيدٍ ، للدم . وهذه الاستراتيجية هى التى تفضلها حكومة المحافظين الحالية ، ولكن ج م ع ت ا تقاومها ، وأبسط المشاكل التى تسببها هذه

الفكـرة هى انعـدام الـرقـابة على الاستراتيجية التجارية للشركة المعنية ، فهى تستطيع أن تنسحب من إنتاج مستحضرات البلازما إذا ما رأت ذلك ، كما أنها قد تتسبب فى ظهور التبرع التجارى بالدم فى بريطانيا ، وهو شىء يراه الكثيرون غير مرغوب . وقد جادل ريتشارد تيتمص فى كتابه الصلة بالهبة عن التبرع بالدم ، جادل بأن الرمزية الاجتماعية فى أن يهب الفرد دمه للآخرين ـ وهو تأكيد للجماعة فى أى مجتمـع ـ وكـذا فى المعـايير الأخلاقية الرفيعة ، قد جعلت برنامج التبرع التطوعى مرغوباً من الناحية الاجتماعية .

أمـا الحـل الآخـر ـ وهو قضية تتخلل هذا الفصل ـ فهو أن نتحول من تكنولوجيا التشْظية ـ التى تفْصَل فيها المكونات المختلفة أو الشظايا عن بعضها البعض ـ نحو طريق يؤسس على بناء الجزيئات ، أى على التخليق . فمن الممكن أن تصنع بروتينات مثل العامل رقم ٨ للتجلط أو ألبيومين المصل فى كائنات دقيقة مهندَسَة وراثيا ، وهذه الجماعة التكنولوجية البريطانية ـ وهى وكالة حكومية تمول مشـاريع التطوير التكنولوجى ـ تعضد بالفعل شركةَ سبييوود فى برمنجهام التى تجهز الدم حاليا ، ولكن لديها مشاريع لصناعة عامل التجلط فى البكتريا .

أعلنت شركـة جيننتـك الأمـريكية سنة ١٩٨٢ أنها قد تمكنت من إنتاج ألبيومـين مصل الدم الآدمى فى إ . كولاى (نعنى أن البكتريا أصبحت تصنع البروتين ، بكميات صغيرة على الأرجح) . وهناك إذن احتمال بأن نصنع مقادير هائلة من ألبيومين المصل بهذه الطريقة ، ربما باستخدام بكتريا أخرى كعائل أو باستخدام الخميرة . وقد تم هذا العمل تحت عقد مع شركة ميتسوبيشى المختلطة التى احتفـظت لنفسها بحقوق التسويق . ويبلغ الحجم المقدر للسوق العالمية بنحو ١٠٠ طن سنويا ، أى أن المبيعات تقدر بنحو ٥٠٠ مليون دولار ، مما يجعل هذا الألبيومين من بين الكيماويات المطلوبة بكثافة . ومن المؤكد أن هناك شركات أخـرى قد وضعت هذا الهدف نصب عينها ، دون إعلان . ويبدو أن أسلوب جيننتـك هو ضمان أن يحظى كل نجـاح علمى وكذا أساسه التجارى بالتغطية الواسعة من وسائل الإعلام . أما الشركات الأخرى فتسعى جاهدة أن تتجنب هذا الشىء بالذات .

ربـما كانت البيوتكنـولوجيا تعنى تغيرا فى الاستخدام الاجتماعى للدم ، ويمكننـا أن نلاحظ بوضـوح فى الـوضـع الحـالى كيف يمكن أن تستخـدم البيوتكنولوجيا لمصلحتنا أو ضد مصلحتنا ، ويجرى تتجير الدواء فى بريطانيا حاليا بسرعة ـ لاسيما تحت حكم المحافظين . وتلعب مستحضرات الدم البيوتكنولوجية دورا فى تشتيت مجالات الاستغـلال التجـارى بعيدا عن مصلحـة الصحـة

العمومية . وهى تتخذ الآن مكانها داخل استراتيجية اقتصادية عامة . إن سياسة الحكومة هى تشجيع التطورات التى تحول السلع والخدمات فى قطاع الصحة من القطاع العام إلى القطاع الخاص ـ فقط إن كانت هذه السلع والخدمات مربحة . أما المدى الذى يمكن فيه اعتبار هذا فى مصلحة المجموع فيبقى غير واضح .

أما ما يميز البيوتكنولوجيا عن غيرها من القضايا ، فهو أننا قد نخسر موقعا ، للجمهور فيه اهتمام واقع ، منبرا للجدل الجماهيرى موجوداً بالفعل . إن البيوتكنولوجيا توفر بعض المكاسب الواضحة ، فمن الممكن أن نتجنب المخاطر والمشاكل فى التبرع بالدم ، ومن الممكن أن نزيد كمية المادة المجموعة ، ومن الممكن أن نخفض من ثمن العلاج ، ليفقد الدم المجمع تجاريا قيمته كشكل مشبوه للتكسب ، غير أنه قد يهمَّش كأساس للطقوس الاجتماعية . ولكن هذه القضايا لم تُعرض للجدل العام .

الأجسام المضادة النقية

ناقشنا فى الفصل السابق حالة تضافرت فيها جهود الباحثين والممولين من أجل حماية عملهم عن طريق براءات الاختراع . وهذا الأمر لم يتطلب منهم أن يعملوا بتصميم فى الأيام الأولى فقط ، بل كان عليهم أن يستمروا فى الضغط ، وأن يلقوا بالزملاء جانبا ، وأن يهملوا النقد والسباب . أما قصة الأجسام المضادة النقية فهى مكملة ، فقد وقع فيها بالفعل ما خشى كوهين وبوير ـ بالتأكيد ـ حدوثه ، إذ حصل شخص آخر على براءة امتياز بحثٍ لأنه كان أسرع فى الخروج على التقاليد ولأنه كان مستعدا لمواجهة ثورة الغضب . وكما حدث فى الـ د ن ا المطعَّم ، فقد تطورت سلسلة من التجارب لتصبح أسلوب بحث ذا أهمية خطيرة ، ولتكون أساساً لفرع جديد من الصناعة تعمل به شركات صغيرة ترتبط بالجامعات ، وشركات كبيرة تزايد على مراكز التفوق .

طورت الكائنات العليا دفاعا معقدا مرنا يسمى جهاز المناعة ، يوجد فى الشرايين والأوردة وفى أوعية الجهاز اللمفاوى ، يجند مجاميع من الخلايا فى الجسم لرصد وتحطيم الأجسام الغريبة مثل البكتريا والفيروسات ، والجزيئات الدخيلة ، كجزيئات حبوب اللقاح ، التى تشكل تهديدا بشكل أو بآخر . فإذا ما دخلت هذه المواد ـ التى تسمى « الأنتيجينات » ـ إلى الجسم ، قامت خلايا خاصةٍ بانتاج أعداد كبيرة من جزيئات معقدة تسمى الأجسام المضادة ، لها تركيب يمكِّنها من أن تحاصر أنتيجينات معينة . وهذا الحصار متخصص جدا ، فكل نوع من الأجسام المضادة لا يتعامل إلا مع نوع محدد من الأنتيجينات ، وبذا تمنع المواد الغريبة من العمل ليصبح من السهل بعدئذ تحطيمها عن طريق موجة جديدة من الخلايا الدفاعية .

إن هذه العملية هى أساس إنتاج اللقاحات ضد الأمراض ، وهو موضوع سنعود إليه فى الجزء التالى من هذا الفصل عندما نناقش كيفية تطبيق الوراثة التطعيمية فى تخليق لقاحات جديدة ، واللقاح (الفاكسين) هو محلول معلق من بكتريا أو فيروس مستضعف أو ميت ، إذا ما حُقن فى الجسم فإنه ينبه إنتاج الأجسام المضادة دون أن يسبب المرض ، ونتيجة لهذا يكتسب الشخص أو الحيوان الذى حُقن مناعةً ضد المرض ، ذلك بسبب حدوث استجابة مناعية أقوى إذا ما حدث وأصيب بالعدوى . وبنفس الطريقة يمكن تخليق أمصال ومضادات للسموم بأن نعرِّض للإصابة بعض الكائنات الأقل حساسية للمرض ، مثل الحصان أو الأرنب ، ثم نسحب منها الأجسام المضادة الناتجة لنحقن بها مَنْ يهدده المرض . ولمعظم المواد عدد من الأنتيجينات على أسطحها ، نعنى أن الجهاز المناعى يعتبرها تركيبات غاية فى التعقيد يلزم مهاجمتها من مناطق محددة كثيرة ، وبذا تتألف الاستجابة المناعية من إنتاج خليط من عدد قد يكون كبيرا من الأجسام المضادة ، الأمر الذى يجعل الصورة البيولوجية مشوشة وصعبة التفهم .

وقد دُرست الاستجابة المناعية بنجاح على المستوى الجزيئى منذ سنين طويلة ، فقد اهتم الكيماوى الأمريكى لينوس باولنج فى الثلاثينات بالسؤال عن نوع الجزىء الذى يجب أن يكونه الجسم المضاد . وكانت اقتراحاته فى هذا الشأن خاطئة بعض الشىء ، ولكن فكرة النظر إلى المناعة فى صيغة كيماوية كانت فكرة لها خطرها ، ولم يكشَف الستار عن الملامح العامة لتركيب الجسم المضاد إلا فى الستينات . فنحن الآن نعرف أن الأجسام المضادة هى جزيئات معقدة تتكون من مقاطع ثابتة وأخرى متغيرة ، وهذا يعنى أن لها جميعا نفس التركيب الأساسى ، ولكن التفصيلات الدقيقة هى التى تتباين ، وهذا التباين هو الذى يتسبب فى ذلك التوافق المحكم بينها وبين الآلاف من الأجسام المضادة المختلفة . فكلما ظهر أنتيجين ، نتج بالتحديد الجسم المضاد الصحيح لملاقاته .

أما تفاصيل الطريقة التى تُختار بها الخلايا الصحيحة داخل الجسم لإنتاج الأجسام المضادة فقد فُصِّلت فى الخمسينات ، وتسببت فى منح جوائز نوبل للعلماء الذين تولوا الأمر . ولكن ، بقيت مشكلة نظرية أساسية . إذ كيف تتمكن الكائنات العليا من إنتاج مثل هذا العدد الهائل من الأجسام المضادة ؟ ومازال هذا السؤال دون جواب . وقد قدم علم الوراثة الجزيئية الكثير ، وبالذات لعلم المناعة . فالأجسام المضادة على أى حال ليست سوى بروتينات كبيرة تحدد وراثيا ، وقد أنفق بعض رجال علم البيولوجيا الجزيئية الكثير من وقتهم فى السنين الأخيرة يتفحصون الطريقة التى تبتدىء أو تنتهى فيها الجينات ، داخل الخلايا المنتجة للأجسام المضادة ، من عملها لصناعة الجزىء المضبوط فى الوقت المضبوط . إن

هذا هو نوع القضايا التى شغلت العلماء فى تطويرهم لتكنيك الأجسام المضادة النقية .

أما ما يسمى « بالأجسام المضادة النقية » فهى أجسام مضادة مشتقة من خطوط خلايا تنمى فى مزارع ، خلّقت خصيصا لهذا الغرض ولا تُنتج سوى نوع واحد فقط من الأجسام المضادة ، إذْ صُممت لتخلّق الجسم المضاد المطلوب وحده لا غير . وكان أول من صنعها هو دكتور سيزارميلشتاين ، ودكتور جورج كوهلر ★ سنة ١٩٧٥ فى مركز البحوث الطبية للبيولوجيا الجزيئية فى كامبريدج ، فيما كان انحرافاً عن خطهما الأساسى للبحوث .

والأجسام المضادة النقية تخلّق أساسا فى خلايا هجينة تسمى الهيبريدومات (أو الخلايا الهجينة المدْمَجة) ، إذ يدمَج سويا نوعان من الخلايا ، فالخلايا التى تُنتج الأجسام المضادة لا تستطيع الحياة فى مزارع اصطناعية ، ويلزم زراعتها بهذه الطريقة حتى يمكن أن تنتج أجساما مضادة معينة فى حالة نقية لأى من السلسلة الواسعة للمواد التى تهمنا . ويمكن تصور الوضع كما لو كانت الاستجابة المناعية تُفَصَّص لتبين نواحيها المختلفة بحيث يمكن استخدام حساسيتها الفائقة التى عادة ما تحجبها الأجسام المضادة المختلفة الناتجة عن الحقْن . والواقع أن بعض الهيبريدومات يعتبر وسائل تحليلية ذات قدرة فائقة ، لأننا نستطيع أن نبتدىء بمادة مجهولة التركيب ، ثم نصنع أجساما مضادة نقية لكل من مكوناتها ، ثم نستخدم كل واحد من هذه الأجسام المضادة فى سبر وتحليل هذه المادة . كما يمكن أيضا أن نأخذ مادة معروفة لنصنع كميات هائلة غير مسبوقة من الأجسام المضادة لها ، ولهذا العمل الآن تضمينات مثيرة واسعة ، وعلى سبيل المثال فقد استعمِلت فى علاج مرض سرطان الدم عن طريق إنتاج الأجسام المضادة لأنتيجينات معينة موجودة على خلايا الدم المسرطَنة ، بحيث يمكن إزالة هذه الخلايا من الدم .

كما أن لها قدرة كامنة خطيرة بالنسبة للطب والبحث التشخيصى ، إذ من الممكن استخدام الأجسام المضادة كمسبر عالى الحساسية متخصص للغاية ، فالمعروف أن الأورام على سبيل المثال تنتج بروتينات مميِّزة لكل نوع من السرطان ، وتكمن المشكلة عادة فى تحديد البروتين ، فاذا ما أمكن اكتشاف هذه الجزيئات فى مرحلة مبكرة جدا من تكوين الورم (أى قبل أن يوجد من الخلايا ما يكفى لرؤيتها

★ حصل ميلشتاين وكوهلر على جائزة نوبل للطب لسنة ١٩٨٤ عن أبحاثهما فى هذا الموضوع . (المترجم)

فى صورة الأشعة السينية) فمن الممكن أن يبدأ العلاج مبكرا ، ليعطى فرصة نجاح أفضل .

وهناك مثال آخر لاستخدامها . وإن كان أقل أهمية . وهو تحديد نوع اللحوم المختلفة فى عينات اللحم المفروم ، فقد أمكن بالفعل بهذه الطريقة تمييز لحم الحصان أو الكنغر إذا ما بيع على أنه لحم بقرى مفروم ، وربما أمكن فى المستقبل القريب أن نفعل نفس الشىء أيضا مع لحم الهامبورجر المطبوخ .

وقد اقتُرح أيضا أنه من الممكن استخدامها فى تطوير مواد جديدة لمنع الحمل وذلك بعمل أجسام مضادة لبروتينات الحيوانات المنوية للإنسان ، على أنه من الممكن أن تكون هذه المواد مختصة بالجنس ، نعنى أن تعمل فقط ضد الحيوانات المنوية الحاملة لكروموزوم × (الحيوان المنوى الأنثى) أو الحاملة لكروموزوم Y (الحيوان المنوى الذكرى) ، مما يسمح ـ أخيرا ـ بالممارسة الناجحة للتحديد المسبق لجنس المولود ، وهو احتمال يرقبه الكثيرون ـ وخاصة من مؤيدى المساواة بين الجنسين ـ بانتقاد متزايد لاسيما باقتراب إمكانية تحقيقه .

إن قائمة التطبيقات المحقَّقة بالفعل للأجسام المضادة النقية قائمة طويلة جدا ، كما أن أهميتها التجارية فى التشخيص والتحليل والتنقية والعلاج ستصبح هائلة على ما يبدو ، وهناك تقدير يقول بأن حجم سوق التشخيص سيصل إلى ٨٧٠ مليون دولار سنة ١٩٨٥ ، أى بعد عشر سنين من ظهور البحث الأساسى الأول فى الموضوع .

عندما نجح ميلشتاين فى تجاربه سنة ١٩٧٥ ، لم يكن يحس بكل هذه الاحتمالات إلا فى شكل مبهم ، وبالرغم من ذلك نجده وقد كتب لكفيله ، مجلس البحوث الطبية ، يخبره أنه من الجائز أن يكون لبحوثه تطبيقات صناعية ، على أمل أن تقوم المؤسسة القومية للبحث والتطوير (وهى مؤسسة تديرها الحكومة للسمسرة بالنسبة لابتكارات المعامل الحكومية) بمساعدته فى تسجيل براءة الابتكار وتتجير عمله . ومما يستحق الذكر أن تصريحات ميلشتاين العامة قد أظهرت لا مبالاةً محببة لفكرة أن يستفيد هو شخصيا من تتجير عمله ، كما أنه قد أعطى انطباعا واضحا ـ كلاجىء يهودى من الأرجنتين ـ بأنه سعيد جدا أن يعمل فى معمل أكاديمى ذائع الصيت ، وأن لا شىء يشغله تماما إلا نشاطه البحثى وحده .

ولكن المؤسسة القومية للبحث والتطوير (م ق ب ت) لم تتحرك لسبب لا ندريه ، وتحولت براءة الامتياز على الأجسام المضادة النقية إلى الباحثين الأمريكيين . وقد تسبب هذا فى الكثير من الاستياء ، كما وُجه الاتهام فى

المناقشات العامة إلى م ق ب ت بأنها كانت الجهاز المعنِى الذى فشل فى أن يسيّر الأمور بالسرعة الكافية .

وأصبح هذا الموضوع هو « قضية الموسم » ، وقيل إنه اخفاق جديد فى تحويل العلمْ البريطانى (الذى لا يضارعه علم فى قدرته الخطرة الفائقة على الابتكار) ناحية المستحضرات التنافسية التى يحتاجها السوق العالمى ، وقد استنبط المسوِّقون المستقلون من هذا المثال أنه من اللازم أن يُسمح للشركات بولوج كل المسالك غير المطروقة إلى معامل الجامعات والحكومة ، وأن تمنح كل الحرية فى استغلال ما ترغب فى استغلاله ، والمعروف أن القطاع الخاص لا يفوِّت فرصة كهذه بهذه السهولة . أما المصلحون من مؤيدى تدخل الدولة فى تشجيع النمو الاقتصادى فيميلون إلى اعتبار حادث الأجسام المضادة النقية مثالا نمطيا لتردد البيروقراطيين غير المدربين الذين مُنحوا حصانة أكثر من حجمهم . ولكننى متأكد أننا لا نعرف القصة الكاملة فى هذه الواقعة ، وما أستنبطه أنا هو أن هناك أسلوبا معينا فى البحوث قد أصبح الآن مهددا بعد أن لحقته وقائع كهذه خطيرة ، فالبحث الذى يُعتبر نشاطا متأملا لصفوة تعيش فى محراب لها ، صفوةٍ تعودت الابتعاد عن العالم الملوث ، عالم التمويل والتوثيق والدعاية والتسويق والأوراق المالية ، هذا النوع من البحث فى سبيله إلى الاندثار ، وكما رأينا فإن الغشاء بين هذين العالمين قد أصبح فى الفترة الأخيرة أكثر نفاذية ، تنتقل من خلاله قوى غريبة إلى معمل البحوث .

هناك محاولة لحل هذه المشكلة تمتد جذورها أصلا إلى أسطورة الأجسام المضادة النقية . ففى سنة ١٩٨٠ قامت الجماعة التكنولوجية البريطانية التى تكونت عن المؤسسة القومية للبحث والتطوير ومجلس المشاريع القومى ، قامت بإنشاء شركة إسمها سيلتك . وكان هذا هو الرد على شركات الهندسة الوراثية ذات التكنولوجيا العالية فى أمريكا . دفع مجلس المشاريع القومى نصف التمويل وجاء النصف الآخر من مستثمرى القطاع الخاص ، ومنحت الشركة الحق الكامل فى تناول البحوث التى تجرى بمعامل مركز البحوث الطبية ، مثل المعمل الذى يشتغل به ميلشتاين . فالشركة إذن تعتبر إحدى المؤسسات الرئيسية بالمملكة المتحدة لتتجير بحوث البيوتكنولوجيا التى تعمل بتمويل حكومى ، هى نوع وسط بين مغامرات السوق الحر فى أمريكا وبين بيروقراطية م ق ب ت . وكان من بين أول مستحضراتها مستحضرات استغلت فيها تكنولوجيا الأجسام المضادة النقية ، ومنها الجسم المضاد للإنترفيرون ومجموعة من الأجسام المضادة تسمح بتحديد مجموعات الدم بشكل أكثر كفاءة (سيزار ميلشتاين هو أحد كبار علماء اللجنة الاستشارية العلمية لشركة سيلتك) .

فى ربيع ١٩٨٢ عقدت اللجنة البرلمانية المختارة لوزارة التعليم والعلوم سلسلة من جلسات الاستماع عن البيوتكنولوجيا ، وقد عُرضت ـ من بين ما عرض ـ العلاقة المانعة لشركة سيلتك مع مركز البحوث الطبية ووُجد أنه من الوَاجب أن تمحَّص بشكل أكثر دقة ، وكان الأعضاء المحافظون باللجنة أبعد ما يكونون عن التحمس لهذا الاحتكار ، وربما طلِب من شركة سيلتك أن تتخلى عن حقوقها المانعة على مركز البحوث الطبية .

إن إخفاقات فى حجم واقعة الأجسام المضادة النقية تضع البحث المنزه فى موقف أسوأ . وتزداد الضغوط من أجل السماح للقطاع الخاص بالحصول على البحوث التى تمولها الحكومة ، وتصبح مقاومةُ هذه الضغوط صعبة . إن الممارسات البحثية تتغير أيضا داخل المؤسسات الأكاديمية ، والنتيجة هى أننا نرحب بالبيوتكنولوجيا كطريق ضرورى لابد أن يطرقه مستقبلنا ، ثم وفى نفس الوقت نحجبها عن دائرة الرؤية العامة .

لقاحات جديدة لأمراض قديمة :

شحذ الاستجابة المناعية

الشظايا الفيروسية

إن أحد طرق الولوج إلى متاهة المناعة يكون بإنتاج خط خالدٍ من الخلايا ، كما فعل ميلشتاين عن طريق تهجين أنسجة فأر مريض . وهناك أيضا طرق أخرى تعتبر تهذيبا لممارسات قديمة راسخة . وفى الخمسينات ، كان من عادة علماء البيولوجيا الجزيئية ـ من أمثال فرانسيس كريك ـ أن يؤكدوا على ضرورة التفكير جزيئيا إذا ما نَصحوا علماء الفيرولوجى ، ولم يكن هؤلاء يتحمسون لسماع النصيحة من كريك الذى يعتبرونه مدَّعيا غراً غير مدرب . كان كريك يقول : فكِّر فى الفيروسات كتركيبات مبنية من مجموعة تعليمات اقتصادية للغاية .

ولأنه لا يوجد الكثير من الـ د ن ا داخل الغلاف البروتينى للفيروس فإن الجينات لا تستطيع أن تحدد بروتينات بأعداد كبيرة أو بأحجام كبيرة ، ولأنه لا يوجد مكان يكفى لتشفير البيانات ، فلابد أن يبنى الغلاف من تحت وحدات منتظمة ذات شكل متماثل يسمح بأن تكدس سويا لتصنع قشرة ، وهذا هو السبب فى أن الفيروسات دائما ما تشبه سفن الفضاء . إن البساطة تعنى الانتظام الهندسى ، إنها ذلك الشىء الذى يثير انتباه عالم البلوريات . ونحن نعرف الآن أن مبدأ الاقتصاد يمتد لمدى أبعد من هذا ، وأن الفيروسات جينات متراكبة ، إذ يقوم نفس الجزء من الـ د ن ا فى بعض الفيروسات بتشفير أكثر من بروتين . كما

لو كنت قد كتبت فقرة ، ثم تناولت حروفها وشكلت منها نفسها فقرة أخرى مترابطة تماما ولها معنى مختلف .

ولما كانت معرفتنا الآن أكثر عن طريقة بناء الفيروسات ، فقد اتجه اهتمام البعض نحو إعادة تركيبها عن طريق حذف أجزاء من الـ د ن ا الخاص بها (أو ر ن ا الخاص بها بالنسبة للفيروسات التى تستعمل ر ن ا كمادة وراثية) وذلك لإنتاج فيروسات تنقصها الجينات المسئولة عن بعض أنشطتها الممْرضة وإن كانت ماتزال تحتفظ بنفس البناء الأساسى ، بحيث تُحفز إنتاج نفس الأجسام المضادة للفيروس الطبيعى ، وسيكون لهذه العملية أهمية هائلة بالنسبة لصناعة اللقاحات ، وقد اتضح أن البروتينات الموجودة بأغلفة بعض الفيروسات وكذا بعض شظايا الفيروس كله تستطيع أن تثير استجابة مناعية . إن المشكلة فى صناعة اللقاحات عادة هى ضمان أن تكون الفيروسات قد أصبحت خاملة أو غير معدية ، وأجزاء الفيروسات لا يمكن أن تكون معدية ، وبذا تكون مأمونة ، فالمطلوب إذن هو أن نجعل الجزء يحل محل الكل . والمثير حقا هو أنه عندما نجح تطبيق هذه الفكرة فى سنة ١٩٧٩ لم يفكر العلماء فى التقدم لطلب براءة الاختراع .

الصراعات من أجل براءات الاختراع : انعدام الثقة ونهاية العلانية

وبحلول عام ١٩٨٠ كان الموقف قد تغير تغيرا جذريا ، ذلك أن تكنيك تركيب الأنتيجينات المخلَّقة قد تسبب فى نزاع بين مجموعتين من الباحثين حول أسبقية الكشف وحول الدَّيْن الفكرى الذى لم يُعترف به ، وهى مواضيع لها قيمة تجارية تبلغ الملايين من الدولارات . كان ريتشارد ليرنر عالم البيولوجيا الجزئية هو قائد المجموعة الأولى التى تعمل فى مؤسسة سكريبس للطب والبحوث ، أما قائد المجموعة الأخرى فقد كان راصل دوليتل ، وكانت المجموعة تعمل بجامعة كاليفورنيا فى سان دييجو وفى معهد سولك ، وهذه المراكز كلها تقع بالقرب من لاجولاً ، أحد أحياء سان دييجو بكاليفورنيا ، نعنى أن البحاث كانوا فى منطقة واحدة بحيث كان من السهل أن يتزاوروا طلبا للمشورة أو المساعدة . وكان أحد هذه الأحاديث السبب فى مشادة هائلة .

ادعى دوليتل أنه أعطى المجموعة الأخرى فكرة ، لتتقدم هذه الأخيرة بعد ذلك فى طلب براءة اكتشافها ، لتستخدم هذه البراءة بالتالى فى جذب الاستثمارات من شركة أدوية هى شركة جونسون وجونسون . وكما نتوقع ، نفى ريتشارد ليرنر قائد مجموعة سكريبس وبعنف كل هذه الاتهامات وادعى أنه قد توصل مستقلا إلى هذا الاستخدام الحديث لتكنيك الأنتيجين المخلَّق ، الذى نشرت المجموعتان عنه بحوثا فى نفس الوقت تقريبا ، وقد أصر على أن هذه الفكرة قد

راودته قبل عشرة شهور بينما كان يسير مع زملائه فى حديقة سنترال بارك بنيويورك عند حضوره أحد المؤتمرات .

كما يقول إنه لم يذكر هذا كله أثناء الحوار الحرج الذى دار مع راصل دوليتل ، لأنه لم يرغب فى إحراجه إذا ما بيَّن له أن العمل الذى كان يفخر به ، قد سبق أن فكر فيه ، كما ادعى أن لديه المستندات التى تثبت أن معمله كان بالفعل قد بدأ هذا العمل قبل أن يذهب إلى دوليتل لحديث ودى .

أما دوليتل فيقول من ناحيته إن هناك عنصر غموض ومراوغة فى بعض تصريحات ليرنر وأن المستندات ليست قاطعة (وهى عبارة عن أمر لشركة كيماوية صغيرة لتوريد ببتيد بحثى) كما يدعى دوليتل أيضا بأن الدور المعاون الذى لعبه الآخرون فى عمل جماعة ليرنر قد هُوِّن من شأنه فى أبحاثهم المنشورة ، وهو شىء لا يمكن فصله عن نجاح طلب تسجيل البراءة .

وادعت المجموعتان أنهما عرفتا بإمكانية الاستخدام التجارى لفكرة استغلال الشظايا الفيروسية لإنتاج لقاحات أكثر أمانا قبل نشر تفاصيل استعمالها كأداة بحثية ، ولجماعة سكريبس طلب تسجيل براءة اختراع موجود تحت الفحص الآن ، وقد دخلت فى مشروع تجارى لتصنيع لقاحات مخلّقة ، أما جامعة كاليفورنيا فلا تفصح عما إذا كانت ستطلب هى الأخرى براءة اختراع .

إنها أسطورة عجيبة تذكرك برواية بوليسية ، بها بعض الأدلة التى يمكن فحصها أما البعض الآخر فهو مخبأ كَسِرٍّ تجارى ، ولكل طرف « قصته » التى تبرر تصرفاته وتصرفات الطرف الآخر ، وكل قد حوَّر من وصفه للطريقة التى تصرف بها خلال تطور الأمر ، والواضح أن دوليتل كان مستعدا للتغاضى عما يعتبره سلوكا علميا مشينا ـ نقصد إغفال الاعتراف بالمادة البحثية والمساعدة التى قدمت له بسخاء ـ حتى كشف النقاب عن الارتباط مع شركة جونسون وجونسون .

والواضح أن ليرنر ومجموعته قد اكتشفوا من الحديث مع دوليتل أنهم فى سباق لنشر الفكرة ، وأن ليرنر لم يذكر شيئا لمنافسه وتركه على عماه ، إنه لمثال حى لما تستطيع الضغوط التجارية أن تصنع فى مفاقمة مشاكل الصراحة والكرم ، وستعمل على أغلب الظن كمعوِّق قوى للاتصال العلمى وتبادل مواد البحث ، ونخشى أن يعنى هذا الكثير بالنسبة « للمجتمع العلمى » و « السعى المجرد وراء الحقيقة » ، وهما جزء من إغراء البحث العلمى .

ولقد أصبح من الطبيعى جدا الآن ، بل ومن المقبول أيضا ، أن يوقِّع

الباحثون من ذوى الارتباطات التجارية عقودا تقيد حريتهم فى استخدام وتوزيع مواد بحثهم ، وتحدد نوع التعاون المسموح به . فلشركة جيننتك محاموها الذين يحضرون الحلقات البحثية فى الشركة ، حتى يمكن صياغة دعاوى البراءات اللازمة حول البحث عند ظهوره مباشرة . إن مجرد التفوه بفكرة فى جيننتك يعنى تقييا لإمكان توثيقها . وقد أجبر محررو المجلات العلمية أن يسجلوا بحرص زائد وقت وتاريخ وصول البحوث إلى مكاتبهم لأن قانون البراءات بالولايات المتحدة يسمح بتسجيل براءة الاختراع فى بحر سنة من تاريخ نشره ، أما فى انجلترا فلا توجد مهلة السنة هذه . وعلى هذا فلابد أن يكون كل بحث قد قُيم بالفعل من النـاحية التجارية قبـل نشره . إن هذا يمثـل تغـيرات جذرية فى أخـلاقيات وسلوكيات البحث العلمى .

عالم اللقحات الجديدة

يقع تكنيك إنتاج الانتيجينات المخلَّقة فى قلب العديد من برامج إنتاج لقاحات جديدة لأمراض الإنسان الخطيرة الصعبة العلاج مثل مرض اليرقان الذى يسببه فيروس ب للالتهاب الكبدى المُعْدى ، ومثل الأمراض التناسلية واحتقانات البرد الناتجة عن فيروسات هيربس . وهناك أيضا اهتمام هائل باللقاحات البيطرية ، إذ يبلغ حجم سوق لقاح الحمى القلاعية بالولايات المتحدة نحو ٣٠٠ ـ ٥٠٠ مليون دولار ، وقد قيل باستخفاف إن لقاحات الحيوانات هى الهدف المفضل الذى تهمَل بجانبه أمراض الانسان التى تغل ربحا أقل ، ومن الممكن تقنيا أن ننتج لقاحات أفضل لأمراض تتوفر لها لقاحات الآن مثل شلل الأطفال ومرض الكلِب .

وتعتبر الملاريا مثالا واضحا لمرض ستقدم له اللقاحات الحل قريبا ، وقد أثـار هذا المـرض العديد من الاستراتيجيات المتباينة خلال المائة سنة الماضية ، استـراتيجيات شملت الأدوية المضـادة للمـلاريا ، والـرش بالـ د د ت والـرى والمبيدات الحشرية وتـربية البعـوض العقيم . وبعـد هذه الخلفية قد يبـدو من الصعب أن نصدق أن يكون اللقاح هو العلاج الذى يحل المشكلة . وماتزال على العموم هناك مشكلة ، فى تطعيم أعداد غفيرة من الناس ، ولو أن لقاح الجدرى يقول إنه من الممكن تنفيذ هذا .

ولكن اللقاحات يجب أن تكون ثابتة ، ذلك أن الوصول إلى المناطق النائية بعيدا عن مراكز التوزيع بالعاصمة يحتاج وقتا طويلا ، وكثيرا ما تسببت الحرارة بالبلاد الاستوائية فى إتلاف اللقاحات قبل حقن الناس بها لتصبح بلا فعالية على غير ما يتوقع المسئولون . ولا أحد يعرف بعد مدى ثبات اللقاحات الجديدة .

والأغلب أن تستمـر نفس هذه المشـاكـل فى غياب تكنـولـوجيا التـبريد

الملائمة . كما يبقى أيضا قصور الإجراءات الصحية والغذاء الكافى والوقود الكافى والسكن الملائم ، وهى أشياء تضخم من مشاكل الأمراض عند نحو ثلث سكان العالم . إننى بهذا أضع الخلفية التى على ضوئها نتأمل تطوراً أخيراً للوراثة التطبيقية ، تقربنا منه القدرة على تحريك الجينات بين الكائنات ، نعنى العلاج عن طريق نقل جينات الأمراض الوراثية الآدمية .

العلاج بالجينات : التلهف على الصدارة

فرّخت بحوث الـ د ن ا المطعَّم - تلك الثورة التكنولوجية فى الوراثة الجزيئية - فى أوائل السبعينات ، الكثيرَ من الطرق البحثية التى تسمح بتصور وتصميم سلسلة واسعة من العمليات الصناعية الجديدة ، كما قادت إلى زيادة هائلة فى معرفتنا بالجهاز الوراثى للإنسان . أما تفصيل هذه المعرفة ، والمهارة التقنية التى خلَقتها فقد سمحت للعلماء بالتقدم نحو حقل الهندسة الوراثية فى الإنسان ، أو ما يمكن أن نسميه الآن العلاج بالجينات ، ولم يعد العلماء الآن فى وضع يسمح لهم فقط باتخاذ هذه الخطوة - فالحقيقة أن واحدا على الأقل قد حاول هذا بالفعل - ولكن الواضح أن قوى فعالة تدفع بهم وبسرعة فى هذا الطريق .

إن الموضوع الذى كان يبدو من خمس سنين فقط موضوعا غامضا بعض الشيء ، مشينا نوعا ما ، مثيرا للجدل ، ومحرجا ، قد تبدى الآن بالنسبة للكثير من العلماء فى ضوء جديد ، فبعد أن غدا العلاج بالجينات الآن قريبا ، فقد أصبح أيضا مثيرا ، وأصبح موضوعا سليما لدراسة العلماء الباحثين عن التقدير فى مهنتهم ، بل لقد أصبح هذا الموضوع هو « الموضة » السائدة ، وازداد تلهف كل فرد لأن يكون أول من ينجح فى تطويعه . والمهم أن المواقف المهنية قد تطورت بطريقة تثير العجب ، طريقة يجب أن نذكرها هنا . إن الشيء اللافت للنظر هو تحول النغمة من الجزع والحرج والبغض الشديد الذى كان سائدا من سنين خمس فقط ، إلى الاهتمام الحقيقى بتقنيات المنهج الطبى الجديد ، ولم يعد مما يشين العالِم أن يشتغل بالعلاج الجينى . والواقع أننى لاأشعر بأننا على وشك أن نجتاز حاجزا رهيبا ، أو أننا على شواطىء نهر روبيكون خلُقى سيؤدى إلى سقوط روما الروحية ، ولكنى أعتقد أن العلاج بالجينات هو طب تجريبى شديد التعقيد ، مستهلك للموارد ، يستغرق اهتمامات المعالج كما يستغرق اهتمام المريض . وأود مرة أخرى أن أثير التساؤل عما إذا كان من الواجب أن يُطرح ضمن دائرة الأولويات فى المرحلة الحالية .

إن الأمراض الوراثية نادرة ، ولو أن حجمها معنوى إذا أخذت مُجتمعة ، أى إذا جمعنا أعداد المصابين بها ، ويبلغ العدد المقدر لها فى بلد مثل بريطانيا نحو

٢ ٪ من كل المواليد الأحياء ، أى مايقرب من ٢٠٠٠٠ طفل سنويا ، نصفهم تقريبا مصاب بتشوهات كروموزومية كبيرة ، مثل الطفل المغولى ، أو شذوذ خلقى وراثى أو تشريحى مثل الشق الحلقى أو وجود ثقب بالقلب . والبعض من هذه الحالات يمكن علاجه جراحيا . ونحن نعرف فى حالات كحالة الطفل المغولى أن السبب هو بقاء كروموزوم زائد ، هو كروموزوم رقم ٢١ اضافى ، فى مجموعة الثلاثة والعشرين زوجا الموجودة بالإنسان الطبيعى ، وذلك أثناء تكوين الخلايا الجنسية وحتى الإخصاب ، ولكنا لانعرف تفصيلات حدوث هذه الظاهرة .

أما فى الحالات الأخرى ، نقصد العيوب الناتجة عن جينات مفردة ، والتى تشكل فى مجموعها نحو ١ ٪ من المواليد الأحياء ، فإننا نعرف الكثير عن العلاقة بين وجود جين معين فى حالة خاصة وبين المشاكل الطبية الناجمة عنه . فنحن نعرف مثلا بالنسبة لأنيميا الخلايا المنجلية أن تغيرا فى جين مختص بالهيموجلوبين يتسبب فى إعادة ترتيب الأحماض الأمينية فى سلسلتين من سلاسل الجلوبين ، وهذا يكفى لأن يجعل الهيموجلوبين يشكل بلورات رفيعة طويلة إذا كانت كمية الأوكسوجين فى الدم محدودة ، فتنهار خلايا الدم الحمراء لتتخذ شكل الهلال ، وتكون النتيجة فشل الأنسجة فى الحصول على حاجتها من الأوكسوجين كما تنسد الأوعية الدموية وتتعطل ، ليعانى الشخص آلاماً فظيعة .

وأنيميا الخلايا المنجلية لها سبب متخصص جدا ، وهناك حالة مشابهة تسمى الثالاسيميا (أنيميا البحر الأبيض) وتنجم عن واحد من مجموعة كاملة من التشوهات المختلفة فى بناء جينات الجلوبين . وقد قيل إن هذا المرض هو أكثر الأمراض الوراثية انتشارا فى العالم إذ يصيب بضعة ملايين حول العالم ، وهناك تقدير يقول إن ٢٠٠٠٠٠ طفل يموتون سنويا بسبب أنيميا الخلايا المنجلية والثالاسيميا . وبالرغم من أننا نعرف الآن الكثير جدا عن سبب حدوث أشكال مختلفة من الثالاسيميا فاننا لانعرف كيف نعالجها ، وعادة ما يموت المصابون بها فى سن الطفولة أو سن المراهقة . ودائما ما تكون الأمراض الوراثية قاسية هكذا . إذ عادة ماتكون اضطرابات فسيولوجية من نوع يؤدى بسرعة إلى إخفاق مفجع لأعضاء أو أنسجة أو أجهزة معينة .

هناك حل ممكن لبعض الأمراض الوراثية هو ممارسة نوع من الوقاية ، مستغلين حقيقة أنها أمراض وراثية . توجد كروموزومات الإنسان فى أزواج ويوجد الجين الخاص بصفة أو عملية معينة فى موقع محدد على كل من الكروموزومين الشقيقين ، وقد يأخذ أحد الجينين حالة تختلف قليلا عن زميله على الكروموزوم الآخر ، وفى حالة أنيميا الخلايا المنجلية يحتاج الأمر وجود جينين شاذين للجلوبين على نفس الموقع بكل من الكروموزومين كى تظهر الصفة ، أما عند وجود نسخة

واحدة لجين الخلايا المنجلية فإن الفرد ينتج ما يكفى من الهيموجلوبين الطبيعى .

والحالات التى يلزم لظهورها وجود نسختين من الجين تسمى الحالات « المتنحية » . ومن الممكن تحديد الأفراد الطبيعيين الذين يحملون جينا متنحيا واحداً ، قل مثلا جين الثالاسِّيميا . وتكمن أهمية هذا فى أنه بالرغم من أن مثل هؤلاء الأفراد لا يتأثرون بالمرض إلا أنهم إذا أنجبوا أطفالا من فرد آخر له أيضا نسخة واحدة من نفس جين الثالاسيميا فإن هناك احتمالا قدره ٢٥ ٪ فى أن تظهر الثالاسيميا فى النسل .

ولا يهمنا هنا السبب فى أن هذه النسبة هى ٢٥ ٪ ، ولكن المهم هو أن هذا النوع من المعرفة المسبقة للمشاكل الخطيرة يفتح عددا من الاختيارات إذا أراد الزوجان الإنجاب . فمن الممكن أن يخاطر الزوجان بغض النظر عن النتيجة ، ومن الممكن أن يحدث الحمل على أن يجرى تشخيص قبل الولادة يمكن منه معرفة إن كان الجنين يحمل الثالاسيميا فيجهَض . والحق أن التشخيص فى حالة الثالاسيميا ليس سهلا أو آمنا ، وإن كان قد أصبح أسهل تقنيا ، كما أن هذا الحل قد يكون قاسيا من الناحية النفسية ، وهناك من يجدون من الصعب أو من المستحيل تبريره أخلاقيا . وهناك اختيار آخر هو أن نجد طريقة أخرى للإنجاب تتجنب هذه المشكلة ، كالتلقيح الاصطناعى بفرد لا يحمل الجين المتنحى ، كما يمكن بالطبع تبنى الأطفال أو تقرير عدم الإنجاب أو البحث عن شريك آخر ، وليس من السهل اتخاذ أى من هذه القرارات ولكن الكثيرين يفضلونها على إنجاب طفل أو أكثر يموتون بمرض لا علاج له .

وكلما تقدمت بحوث الوراثة الجزيئية للإنسان بدراسة تتابع جينات معينة والتعرف على مواقع وجودها على الكروموزومات وربطها بنواتج جينية معينة وبسبل أيضية معينة ، كلما ازدادت المعلومات التى يمكن بها تحديد الحاملين غير المرضى لجينات بذاتها ، والتى نبنى على أساسها برامج المسح الوراثى . وسيزداد بالتدريج عدد الحالات التى يمكن تشخيصها بهذه الطريقة فى البالغين وأيضا فى الأجنة قبل الولادة ، والمفروض أن يكون هذا شيئا طيبا ، ولو أن برامج المسح قد تسببت فى عدد من المشاكل ، منها التسبب فى القلق ، ووسم أناس فى غاية الصحة بأن بهم عيبا . وعلى المتحمسين طبيا أن يعلموا أن معنى أية حالة بالنسبة لهم قد يختلف تماما عن المعنى لشخص يختلف عنهم فى السن أو السلالة أو الحالة الاجتماعية أو الوضع الاجتماعى أو التعليم .

لقد عرضتُ حالة التعرف على من يحمل الجين المتنحى كحالة يستطيع الفرد فيها الاختيار إذا ماوجد سببا للاعتقاد بأن المرض قد يبقى فى العائلة ، وهناك

إمكانية أخرى هى أن تقدِّم هذه الخدمة الطبية لمجاميع عريضة من الناس ، وهذا ما يسمى بالمسح الوراثي ، والعادة أن يُوفَّر هذا المسح على أساس تطوعى للمجاميع المهددة . غير أن الحاجة للتأكد من الحالة الوراثية للبعض قد تسببت فى بعض الحالات فى جعله إجباريا ، وهناك فى بعض الولايات بأمريكا قوانين تلزم بإجراء المسح الوراثى للأطفال السود بالنسبة لأنيميا الخلايا المنجلية قبل إلحاقهم بالمدارس الثانوية . فبالرغم من أن المقصود بجعل هذا المسح إلزاميا هو ضمان حصول الناس على البيانات الوراثية الضرورية ، فإن إساءة استخدام العنصريين له قد تغدو كبيرة .

إن من يقِيمون برامج المسح الوراثى عادة مايكونون ذكورا من البيض المتزوجين المدربين ذوى الخبرة الجنسية ممن يشغلون وظائف آمنة راقية ، أما من هم فى حاجة إلى مساعدتهم فعادة ما يكونون غير متزوجين ، أو بدون رفاق جنس ، من الأقليات ومن طبقة اجتماعية دنيا وممن لم يتلقوا من التعليم إلا النزر القليل .

أجرى أحد المستشارين من علماء الدم مؤخرا برنامج مسح صغير بين أطفال أقليات مختلفة فى مدرسة داخل بريطانيا ، وأصيبت إحدى البنات باكتئاب شديد مما قيل لها . ولم يكن الأمر يحتاج إلى الكثير من التخيل ليعرف أن الوضع يحتاج إلى مراعاةٍ أكثر افتقدها البرنامج ، ليتلافى مشاكل الفضائح والقلق التى يضخمها نوع الضغوط الاجتماعية التى تنفذ حتى إلى المدارس . وسيحدث مثل هذا على الأغلب مرارا وتكرارا فى الثمانينات .

وأخيرا نصل إلى الهندسة الوراثية البشرية ، أو ما يسمى الآن باسم العلاج بالجينات ، وهو محاولة للعلاج لا للوقاية ، محاولة تعنى أصلا إصلاح حالة طبية مثل الثالاسيميا بأن نولج فى أنسجة معينة جزيئات د ن ا تحتوى على النسخة الطبيعية للجين الذى تَسبب قصوُره فى ظهور المشكلة . والفكرة هى أنه إذا كان من الممكن أن نقحِم الجين فى الخلايا المختصة بحيث يمكن أن تعمل بشكل طبيعى ، فمن الممكن أن يستعيد الجسم عمله الطبيعى الذى افتقده منذ ظهور المرض . والمصطلح الطبى لهذه العملية هو « التحوير الخلوى الجسدى » . وتنفيذ هذا على نحو صحيح هو شىء صعب للغاية ، وقد حاوله شخص ولكنه فشل . وهناك عشرون أو ثلاثون مجموعة بحثية حول العالم تجمِّع نفسها لمزيد من المحاولات فى المستقبل القريب . إننا لا نمتلك الآن القدرة لمحاولة العلاج بالجينات ، ولكنه لا يمكن أن يكون بعيدا . وهناك بديل ، هو إيلاج نسخ متعددة من الجين فى البويضة المخصبة أو فى الجنين فى أطواره الأولى . ويقع تحت هذا البند ماذكر فى الباب الأول عن المحاولة الناجحة لزرع جينات الجلوبين

المأخوذة من الأرنب فى خلايا فأر . ويسمى هذا باسم « التحوير الخلوى الجرثومى » .

تمثل الثالاسّيميا وضعا مثاليا لمحاولة العلاج بالجينات من وجهة نظر معينة . إنها مرض خطير لا يعالَج يسببه جين واحد . ومن الممكن الوصول إلى الخلايا الأولية لكرات الدم فى نخاع العظام بالطريقة المؤلمة التى تؤخذ بها العينة ، كما يمكن إعادة زرع هذه الخلايا فى العظام . والنظام الجينى مفهوم جيدا ، والمواقع الكروموزومية معروفة ، وفى الامكان صناعة تتابع الـ د ن ا المطلوب من خلايا الجسم الطبيعية ، ومن الناحية الأخرى سنجد أنه من الصعوبة بمكان إيلاج الجينات فى خلايا النخاع بطريقة مأمونة مضبوطة فعالة .

فى سنة ١٩٨٠ أحس مارتين كلاين ، وهو أحد علماء الدم فى لوس أنجيلوس بأن تجاربه على الفئران قد قدمت من المعلومات ما يسمح له بمحاولة علاج مرض الثالاسّيميا بالجينات . غير أن اللجان المحلية والقومية التى يلزم موافقتها رفضت طلبه لاتخاذ هذه الخطوة ، وعلى ذلك أجرى ترتيباته لكى يجرى هذه التجربة الطبية فى إسرائيل وإيطاليا ، ولكن برنامجا عن هذا الموضوع أذيع على التلفزيون البريطانى بين أنه حَرَّف فى عرض تكنيكه التجريبى على إدارة المستشفى لكى يقوم بعلاج المريض الإسرائيلى . وعندما أذيعت تفاصيل عمله أدانه زملاؤه بلا تردد ، وطُلب منه أن يستقيل من إحدى وظائفه . أما ماأزعج الناس فهو ثقته فى نجاح تطبيق نتائج تجارب الفئران على الإنسان ، مخالفا رأى زملائه القاطع بأنه لا أمل فى نجاح طريقته .

وليس لى أن أتأمل فى دوافعه على هذه الصفحات ولكنى أستطيع فقط أن أقول إنه قد أكد ببساطة لـمَّا ظهر على شاشة التلفزيون أنه قد أحس فى عمله مع مرضاه المزمنين بضرورة ركوب مخاطرات قد تبدو غير مقبولة للمشاهدين الأقل خبرة بالبحوث الطبية . قد يكون الأمر هكذا ، ولكنه لا يبرر إهمال المداولات العارفة للجان المراجعة الأخلاقية ، كما أنه من الصعب أيضا تصور كيف يمكن تبرير هذه التجربة وغيرها من التجارب العالية التخصص المكلفة الجاذبة للأضواء ، بينما هناك الآلاف ممن يعانون من علل الدم ولا تشبَع حاجاتهم الطبية البسيطة خلال حياتهم القصيرة . فهل سيغدو هذا التسرع المشين أقل غرابة بتزايد الضغوط المهنية والتجارية فى البحوث البيولوجية والطبية ؟ هذا ما أعتقده .

إن النسخ الخضرى فى الإنسان سيتوافق مع نفس هذا النمط إذا ما تجاهل الممارسون المجددون العشرات من المشاكل الطبية الأكثر واقعية ، ومضوا من وراء ظهر زملائهم ليساعدوا البعض ممن لديهم ما يكفى من المال لشراء هذا النوع من

الخدمات . وهناك سبب يجعلنى لا أزيد فى الحديث عن النسخ الخضرى فى هذا الكتاب ، وهو اعتقادى بأن ثورة الغضب الأخلاقية التى تحيط بهذا النوع من العمل ليست سوى تشتيتٍ بعيدا عن الأبعاد البنيوية والاقتصادية للصحة والمرض . إن انتهاكات المقدسات الأساسية ليست بلا أهمية ، ولكن التوجيه المنظَّم للموارد نحو المجالات الأكثر ربحا التى لا يستفيد منها إلا الأقلية فقط ، هى شىء أكثر عارا .

وفى الختام

لقد غطينا فى هذا الفصل بعض الخلفيات . إن صناعة عامل التجلط فى البكتريا هى ممارسة تختلف عن العلاج الطبى بالجينات ، وكلتاهما تجرى لمحاولة علاج النزف الدموى ، الأولى منهما تمارس بالفعل والثانية موعدها المستقبل ، بل وقد لا تستعمَل على الإطلاق إذا ما أمكن صناعة عامل التجلط بطريقة رخيصة ، وإذا أمكن تشخيص النزيف الدموى قبل الولادة بطريقة أكثر دقة مما يجرى الآن ، والطريقتان كلتاهما تنتميان لعائلة من التكنولوجيا نسميها « البيوتكنولوجيا » ، تضم أيضا كل ماذُكر فى هذا الفصل : إنسولين البكتريا ، الهيبريدومات ، الأنتيجينات المخلّقة ، لقاحات منع الحمل ، والتقديرات المناعية لمعرفة مجموعات الدم ، كل منها قد نشأ عن مجموعة محددة من الحاجات الطبية والتقنية والمالية ، وكل منها يتضمن اختيارات لم تحسم بعد بالنسبة لأولويات الصحة .

تقع البيوتكنولوجيا الطبية فى أول القائمة ، فمنها ستبتدىء الثورة . وهناك بالأسواق الآن بالفعل مستحضرات أنتجتها التقنيات الحديثة ، وهناك أفكار كثيرة لإنتاج غيرها . إن المدى الواسع للتطبيقات الطبية المحتملة مثير للغاية ، ويبذل الآن الكثير من الجهود من أجل الثبات فى هذا الحقل الجديد ، أما الحلم الكبير للكثير من المولين فهو أن يتحولوا إلى شركات أدوية كبيرة . وقد حققت شركة أو اثنتان بالفعل تقدماً ملحوظا فى هذا الاتجاه .

هناك شىء مثير جدا بالنسبة لسرعة نمو شركات البيوتكنولوجيا الطبية ، ولا شك أن هناك وراء الستار من القلق والاستفزاز والقصور ما هو أكثر بكثير مما يُسمح للجمهور بأن يتصوره . ولكن صورةِ مشاريع البحوث التى تصاغ من الأشياء التى أمكن تطويعها للتصنيع ، والتى تُضم فى سرعة زائدة ، هذه الصورة لها إغراءاتها . كما أننا فى الشركات الأكبر ذات الخطى الأكثر وثوقا لا نستطيع أن نهمل زهو بعض رؤساء الفرق البحثية ببراعة منجزاتهم . ولكن ، فى نهاية الأمر ، من يستفيد من كل هذا النشاط ؟ بعض الناس ، بالتاكيد . ولكنى أظن أنهم سيكونون تلك الأقلية التى تزوَّد الآن جيدا بالمستحضرات والخدمات الطبية ، كما أن تكاليف توفير العلاج لمرضى هذه الطبقة الاجتماعية لن تنخفض . لقد جمع

الكثير من المال من وضع جزيئات داخل أجسام البعض بدعوى الشفاء دون نتيجة واضحة .

إن هذا ، بالنسبة لى ، يعتِّم الصورة اللامعة للبيوتكنولوجيا . ليس لأن معظم المشتغلين بشركات الرعاية الصحية لا يهتمون بأن عملهم أبداً لن يمس حياة الملايين من الناس ، بل لأن لهم أولويات مختلفة : العائد الكافى على رأس المال المستثمر . وفكرتهم عن الطب هى أنه على الناس أن يجمعوا الثروة أولا ليمكنهم بعد ذلك أن يشتروا الصحة ، وإلاَّ فلا صفقة . أما الصالح العام فربما احتاج وقتا طويلاً قبل أن يصبح عرضاً تجاريا يستحق التفكير ، ويستخدم البحث « الخالص » فى ملء هذه الفجوة ، ولكنه يتعرض بشكل متزايد للمعايير التجارية .

٥ إختصار الوقت فى عالم النبات

يبلغ عمر الزراعة نحو عشرة آلاف سنة . وقد كانت هى أول تغير رئيسى فى طريقة تعامل العشائر البشرية المنظمة مع البيئة لإنتاج الطعام ، وما أن بدأت حتى طفق المزارعون فى انتخاب وتحسين محاصيلهم النباتية والحيوانية لرفع فائض الإنتاج من أراضيهم . إن تربية النبات والحيوان هى القلب من الزراعة ، وتاريخها متشابك ، إن النشاط الدءوب للتربية والتحسين عن طريق الانتخاب المتعمد الموجَّه ما يزال أساسيا فى الزراعة بالعالم كله ، سواء فى البلاد المتقدمة أو النامية ، وتقوم البيوتكنولوجيا الآن بتحريك هذه العملية إلى منعطف جديد .

وقد خُصص هذا الفصل أساسا للنبات ، وجُنِّب للحيوان قسم خاص فى منتصف الفصل . إن تربية النبات ليست مجرد تحسين تقنى ، إنها العامل الحاسم بالنسبة للصياغة المستمرة للزراعة ، التى تربط أعداداً - تتضاءل - من المنتجين بعجلة مصنعى الأغذية من ناحية ، وبشركات الأسمدة والمعدات والوقود من جهة أخرى . إن مهمة إنتاج نباتات جديدة مهمة أساسية للتجديد المستمر للزراعة ، وتسمح التطورات الأخيرة فى البيوتكنولوجيا بدفع تصنيع وتكثيف الزراعة إلى الأمام بشكل أسرع ، كما ستزيد من تحكم الشركات فى الزراعة ، تلك الشركات التى تخدمها وتستثمر فيها وتستهلك منتجاتها . وفى أيدى هذه الشركات يكمن مستقبل إمدادات العالم الغذائية ، لأنها تتحكم فى الموارد ، كالأسمدة والمبيدات الحشرية ، التى أصبحت الآن ضرورية للحفاظ على المحاصيل ، كما تتجه تلك الشركات الآن إلى السيطرة على الموارد الحية لجينات النباتات ، التى يمكن منها تربية سلالات جديدة .

وقد أنتَجت الزراعة الحديثة وفرة من الغذاء للبعض المحظوظ ، إذ تغِل المناطق الرئيسية لإنتاج المحاصيل فى الدول المتقدمة وبثبات وفرةً هائلة من الحبوب ومنتجات الألبان . ولدينا مثالان على هذا : جبل الزبد الموجود لدى السوق الأوروبية المشتركة ، وصفقات القمح الأمريكية والكندية والأرجنتينية للاتحاد السوفييتى . وهناك بالطبع قوى اقتصادية تشجع هذه المستويات من الإنتاج مثل ضمان أسعار منتجات المزرعة .

ولايمكن تحقيق هذا المستوى من « الإنتاج الفائض » من الأراضى الزراعية دون الوسائل التقنية ، فقد تزايدت غلة معظم المحاصيل فى العالم المتقدم بشكل هائل خلال الخمسين سنة الماضية ، وعلى سبيل المثال فمن الممكن فى حزام الذرة

فى وسط غرب أمريكا أن ننتج أكثر من مائة بوشل من الذرة من الفدان الذى كان ينتج عشرين بوشلاً فى الثلاثينات ، وقد حصلت هذه الزيادة بسبب استعمال سلالات أكثر غلة ، ولكن تحقيق القدرة الإنتاجية العالية لهذه السلالات إنما يعنى استعمال كميات هائلة من الأسمدة الاصطناعية ، وصناعة هذه الأسمدة تحتاج إلى طاقة ، والطاقة تكلف مالاً ، وقد قُدِّر أن مدخلات الطاقة لإنتاج الذرة فى الولايات المتحدة قد ارتفعت بما يزيد على ٢٠٠ ٪ ما بين سنة ١٩٤٥ وسنة ١٩٧٠ ، تشكل الأسمدة منها أكثر من الثلث . ويستهلك إنتاج الأسمدة فى الولايات المتحدة ٣ ٪ من الطلب على الغاز الطبيعى ، كما أن تكلفة الطاقة المستخدمة فى توزيع الأسمدة تبلغ تقريبا نفس هذه النسبة .

وبينما تزداد تكاليف الطاقة تتناقص الأرض الصالحة للزراعة ، إذ يختفى فى الولايات المتحدة سنويا مليون فدان أو أكثر من الأراضى الزراعية تحت المنازل والطرقات والمصانع ومراكز البيع ، كما أن نسبة متزايدة من بعض المحاصيل كالأذرة وقصب السكر والكاسافا تحول حاليا لإنتاج الطاقة فى شكل كحول لا يستخدم كطعام . ومن الضرورى للحفاظ على المستويات الحالية لإنتاج الغذاء أن ننتج أكثر ، من أرض أقل ، وبتكاليف طاقة أقل . وليس من السهل تنفيذ هذا ، أما السبب فى أن الدول المتقدمة لا تحس بهذه الأزمة فهو الدعم الهائل للزراعة ، ووفرة الغذاء ، وقوة أصحاب النفوذ فى مجال الزراعة .

وهذه الاتجاهات تعنى أن كبار المزارعين فى الدول الصناعية سيُستنزفون ، ولو أن قدرا كبيرا من البحوث سيجرى لمساعدتهم لمواجهة هذا . وهناك الآن قدر كبير من الربح يجنَى من بيع البذور والمبيدات الحشرية والوقود والأسمدة ومعدات المزرعة . ولا تود الشركات المعنية أن ترى تدهور هذه التجارة .

ويمكن وضع التعارض بين الحاجة لإنتاج غذاء أكثر وبين تكاليف هذا الإنتاج فى صورة مشكلة تخص الطرف النباتى فى عملية إنتاج الغذاء . وهذا هو الموضوع الذى يُطلب من العلماء أن يعجلوا فيه : سرعة النضج ، سرعة امتلاء البذور ، نموٌّ متزامنٌ لتسهيل الحصاد الآلى ، إستخدام أكفأ لضوء الشمس - كل هذه أهداف وضِعت أمام مربى النبات . فإذا ما أمكن أن تتكون كيزان الأذرة فى وقت أسرع ، أوأن يتم التمثيل الضوئى فى القمح بنفس سرعته فى قصب السكر ، إذن لتضاءل الكثير من المشاكل . وبنفس الشكل ، إذا ما أمكن التربية لمقاومة الآفات بشكل أفضل أو للقدرة على تحمل الجفاف أو الغمر بشكل أكثر نجاحا عندئذ سنقلل من بعض الضغوط . وإذا ما أمكن تخليق نباتات تتحمل الملوحة فمن الممكن أن تزرع الأراضى المنهَكة (أو تلك التى تقع فوق ينابيع مالحة حارة أو التى لا يمكن ريها إلّا بماء البحر) . وهناك تقدير يقول إن مساحة الأرض

المالحة على سطح الكرة الأرضية والتى لا تُستغل فى معظمها يبلغ نحو ٣٫٨ مليون ميل مربع ، مقارنا بستة ملايين ميل مربع هى مساحة الأراضى المنزرعة حاليا . إن الزيادة الممكنة فى مساحة الأرض المستغلة تبلغ نحو الثلثين .

إن العمل لإنتاج سلالة بازلاء جديدة أو سلالة فول أفضل يحتاج وقتا ومجهودا ، وهنا تحاول الصناعة الإسراع من العملية بأن تدفع بتقنيات جديدة تسمح للمربين بإنتاج الجديد من الأصناف النباتية بل وحتى **أشكالاً** جديدة تماما منها ، وبسرعة . والفكرة الأساسية هى العمل بالخلايا أو الأنسجة النباتية ، ومعالجتها حسب الطلب ، ثم السماح لها بعد ذلك بأن تنمو إلى نباتات ناضجة . وهناك أيضا احتمال أكثر تطرفا وهو الاستغناء تماما عن النباتات فى شكلها الطبيعى كأجهزة منظَّمة ، فمن الممكن ـ كما ذكرتُ فى الفصل الأول ـ أن تنمى خلايا النبات فى مزارع لإنتاج العرقسوس أو النيكوتين أو الكودين ، ويبقى أن نعرف إن كان من المستطاع أن تستخدم هذه الطريقة فى نباتات الغذاء . والمؤكد أن هناك خططا كثيرة لإنتاج بكتريا وطحالب غنية بالبروتين تنمى فى مزارع مختلفة . وستصبح هذه غذاء للبعض فى المستقبل .

وقد سُمِّى هذا كله ـ مقدما ـ باسم « الثورة الخضراء الثانية » ، وهو وصف مفيد بشكل ما لأنه يعيدنا إلى تضمينات ما سمى « الثورة الخضراء الأولى » ، التى كانت محاولة « تحسين » الإنتاج الزراعى فى العالم الثالث عن طريق نوع من الإصلاح التقنى ، فأدخلت سلالات عالية الغلة من محاصيل كالقمح والأرز ، أنتجتها شبكة دولية من معاهد البحوث بغرض إحداث تطوير « تقدمى » ، وقد نُقلت هذه النباتات الجديدة من داخل نظام زراعى صناعى ، وحملت معها إلى العالم الثالث تبعية الاعتماد على المنتجات اللازمة لتسيير النظام ، فلم تكن هذه « الثورة » مجرد فشل جزئى ، وإنما كان للتبعية المستقدمة آثار اجتماعية واقتصادية خطيرة كما سيبين هذا الفصل فيما بعد ، فهى على الأقل تتطلب استيراد كميات ضخمة غالية الثمن من الأسمدة والمعدات . لقد كان استنزاف « الفلاح الصغير » جزءا من هدف « الثورة الخضراء » .

فإذا ما كان هذا هو أثر الثورة الأولى ، فإن ما نتوقعه من الثورة الثانية هو جر العالم الثالث إلى مدى أبعد فى طريق التبعية ، وليس هذا مجرد نتيجة ثانوية مؤسفة إنما هو خطوة محسوبة لنشر الصناعة على مستوى الكرة الأرضية ، ذلك أن التطورات الحالية لا تعنى بالنسبة لنحو ٧٠ ٪ من مزارعى العالم ، الذين يفلحون أقل من هكتار ، إلا صراعا أكبر من أجل الحياة . إنهم فى الحق يوضعون على

الطرف الحاد لهذا التحول فى الزراعة ـ التحول الذى شكّله تغير جذرى فى النبات نفسه .

وعلى هذا فإننى أفضل بدلاً من إطلاق اسم الثورة الخضراء على ما يحدث أن أعتبر أنه عملية محسوبة لاختصار الوقت فى عالم النبات . إن بيوتكنولوجيا النبات فى الحق هى سلسلة من المناورات تقوم بها الشركات التى تبيع أو تستخدم النباتات ، صُممت لإنتاج نباتات أكثر ، من الوحدة المالية من المدخلات . وكثير من هذه التقنيات كما سنرى يشبه تلك التى تُستخدم فى القطاع الطبى : دمج الخلايا ، نقل الجينات ، الانتخاب لأنماط معينة من الخلايا ، ولو أن المشاكل هنا على ما يبدو أكثر صعوبة فى الحل . إن النباتات نظم بيولوجية أكثر تعقيدا مقارنة بالبكتريا ، فالوظيفة الواحدة فيها يحكمها عدد من الجينات .

والنسق فى الاهتمام الصناعى مشابه أيضا ، إذ تقام الآن شركات بحوث صغيرة بأسماء مطعَّمة مثل : كالجين وأجريجنتكس وزوإيكون ، وهناك أيضا اهتمام نشط من الشركات الكبيرة مثل أتلانتك ريتشفيلد ومونسانتو وده.بونت وستوفر كيميكال وأوكسدنتال بترولبوم وإكسون و آى . سى . آى . وسنرى أيضا أن مشاكل هذا النوع من الارتباط مشابهة أيضا ، فالشركات لاتتجه إلا إلى المشاريع التى تجنى من ورائها الربح والتى تكرر نفس الأنماط من الزراعة ، ولكى يتم لها هذا فإنها تدّعى ملكية نباتات جديدة ، وتسجيل البراءات والاستثمار فى البحوث الجامعية قد حَدد من نشر النتائج الأكاديمية ومن الاستقصاء العلمى .

إننا نتعامل هنا مرة أخرى مع القوة ، والقوة فى حالتنا هذه هى قوة استغلال الموارد الوراثية للنباتات للفوز بالسيطرة على أسواق المستقبل . إن القدرة ـ النامية ـ على تصميم وتخليق وتوثيق أشكال معينة من النباتات ستزود موردى السلالات النباتية بدرجة أعلى من السيطرة على ما يزرع ، وعلى المواد التى تشترى لحماية المحاصيل أو دفع إنتاجها ، وعلى أسعار بيع البزور ، وعلى الغرض من زراعة المحاصيل . ومن خلال تصميم النباتات الجديدة يصمَّم أيضا هيكل جديد للتبعية للمؤسسات الزراعية التجارية ، وفى مقابل هذا يحصل البعض منا على طعامه . أما السخرية القاسية فى هذا فهى أن الكثير من الجينات المستخدمة فى تخليق النباتات الجديدة يأتى بالضرورة من نفس البلاد التى تحتاج الغذاء . إن الموارد الوراثية لهذه البلاد ، التى تشكل جزءا كبيرا من أنواع الكائنات الحية بالعالم ـ تلك التى تتناقص باستمرار ـ هذه الموارد تستخدم خارج أرضها وتوثَّق ، أو تعود إليها فى شكل نباتات جديدة بأسعار أكبر من قدراتها .

إننى أنوى أن أتفحص ستة مجالات تؤثر فيها البيوتكنولوجيا تأثيراً واضحا فى الزراعة ، وهذه هى : أولا إنتاج أشكال جديدة من النباتات ، ثم زيادة الطلب ـ الناجم عن ذلك ـ على النتروجين (الأزوت) الذى يعتمد عليه نمو النبات ، ثم التوحيد القياسى للأشجار ، وفى قسم رابع سيُفحص العمل على إنتاجية حيوانات المزرعة ، وقسم خامس عن استنزاف إنتاجية عمال المزرعة من خلال الميكنة ، أما الجزء السادس والأخير وهو الأهم من نواحى متعددة فيحلل معركة السيطرة على البذور . وعلى طول هذا الفصل سنرى بدايات صراع هذا العصر حول الطعام ، لنسأل : أى نوع من الموارد سيصبح الطعام ؟ ولمن سيكون ؟ .

نباتات جديدة بدلاً من القديمة

تتخذ بعض النباتات الجديدة أسماءً عجيبة ومفهوما عجيبا وإن كان مظهرها عاديا للغاية . هناك هجن الخلايا النباتية والحيوانية التى تمثل الاندماج العجيب للأنواع المختلفة والتى تبدو تماما كنباتات عادية ، ويكمن الفرق فى القيمة الغذائية . إن إضافة الخلايا الحيوانية تعنى أننا نتوقع ـ ونأمل ـ أن تنتج النباتات بروتينات الحيوانات الثديية مما يدعم قيمتها كمصدر للطعام . وهناك مثلا « البطاطم » وهى هجين بين البطاطس والطماطم ، وهى تعطى فى الوقت الحاضر أوراقاً وجذورا ، وقليلاً غير ذلك على ما يبدو ، ولكنها ربما أنتجت يوما الطماطم فوق الأرض والبطاطس تحتها . وهناك عمل يجرى الآن سيعرِّض خنفساء كلورادو فى مقاطعة إيست أنجليا للخطر ، وهو تهجين البطاطس بنباتات تهضم الحشرات ، والفكرة هى أن نجعل أوراق البطاطس تحمل شعيرات تفرز كيماويات قوية تقتل الحشرات .

كيف تنفَّذ هذه الأعمال العظيمة ؟ إن الشرط المسبق هو القدرة على تكسير المادة النباتية إلى شكل خلوى أولى عن طريق إذابة مكونات جدار الخلية بالإنزيمات ، لتترك الخلايا حية ـ ما تزال ـ وإن كانت فى حالة عرْى تسمى « البروتوبلاستات » ، ويمكن أن تعرَّض الخلايا فى حالتها هذه للمعالجات المختلفة ، ويمكن دمجها مع بروتوبلاستات من أنواع أخرى ، ولا يختلف هذا عن تخليق خلايا الثدييات الهجينة مثل الهيبريدومات التى ذكرت فى الفصل السابق والتى تنتج الأجسام المضادة النقية . ومن الممكن أن تدفع البروتوبلاستات لتنمى جدرها ثانيةً ولتبتدىء فى الانقسام لتكون كتلا من الخلايا ، وإذا ماغذيت هذه الكتل كما يجب ثم نقِعت فى هرمونات معينة ، فإنها تعيد تنظيم نفسها لتنتج فروعا وجذورا وتصبح نبيتات صغيرة تنمو بالتدريج لتصبح نباتات ناضجة .

البروتوبلاستات ★ وتربية النباتات
نباتات كاملة من عينات من الأنسجة تسرع من إنتاج السلالات الجديدة

(أ)

١ - تؤخذ عينات من أنسجة النبات ، مثلا من الأوراق أو أطراف الجذور .

٢ - تُكسر الأنسجة - بعملية كيماوية - إلى خلايا منفردة .

٣ - تُنزع جدر الخلايا ، لتصبح بروتوبلاستات .

٤ - فى هذا الشكل يمكن الانتخاب بين البروتوبلاستات لصفات معينة عن طريق تنميتها تحت ظروف خاصة ، والانتخاب هنا ليس سهلا .

٥ - تُدمج البروتوبلاستات مع غيرها من سلالات أو أنواع أخرى ، والنتيجة : هجن بروتوبلاستية مستزرعة ومختبرة .

(ب)

١ - تبدأ جدر الخلايا فى التشكل ثانية ، ثم تبدأ الخلايا فى الانقسام (بعد أن توفر لها الظروف الملائمة) .

٢ - تُضاف الهرمونات النباتية إلى المستزرع فتنشِّط تكوين الجذور والغصينات .

٣ - تظهر النبيتات ، التى يمكن تنميتها لتصبح نباتات كاملة .

★ البروتوبلاست = خلية نباتية (أو غير نباتية) أزيل جدارها الخارجى .

والمثال الذى سنعطيه لهذا هو العمل لإنتاج بطاطس مقاومة للأمراض ، الذى قام به جيمس ف . شيبرد وزملاؤه فى جامعة كنساس . أنفق الفريق وقتا طويلا لمعرفة كيفية تطويع أنسجة البطاطس كى تنمو فى مزارع الأنسجة ، ومعرفة الهرمونات ومحفزات النمو التى تدفع البروتوبلاستات لتكوين التجمعات لتتطور إلى نباتات كاملة ، وفى أثناء هذا العمل اكتشفوا مدى واسعا مثيرا من التباين بين بروتوبلاستات البطاطس . كان بعضها أكثر مقاومة للأمراض من البعض الآخر . وكان بعضها ينمو بشكل أسرع من غيره والبعض يعطى حبات بطاطس أكثر انتظاما من غيره . وكان المعنى المباشر لهذا هو أنه قد أصبح لدى الفريق طريقة للانتخاب لصفات معينة داخل المعمل . عرَّضوا الخلايا النامية إلى توكسينات ـ سموم ـ من الفطر الذى يسبب لفحة البطاطس وانتخبوا أفضل الخلايا التى واجهت هذه المعاملة ، داخل أنبوبة الاختبار ، وعند اختبار النباتات الناتجة ونسلها ظهر أنها كانت مقاومة للفحة البطاطس ، فإذا أسقطنا من حسابنا السنين التى بذلت فى تطوير الطريقة التى يمكن بها الحصول على نباتات كاملة من البروتوبلاستات فسنجد أن مجموعة شيبرد قد ضغطت فى بضعة شهور عملا يحتاج لبضع سنين من الانتخاب فى الحقل . ومضى شيبرد ليعمل أيضا على البطاطا . كما أنشأ علاقة تجارية مع شركة هندسة وراثية نباتية تسمى « شركة علم الوراثة المتقدم ليمتد » .

وما نستطيع أن نفعله مع البطاطس يمكن أن نصنعه مع الجزر ومع الطماطم . والحق أن ف . ك . ستيوارد بجامعة كورنيل كان أول من زرع الجزر النسخى عن تكاثر خلايا من نبات واحد ، وكان ذلك فى أوائل الستينات . أما زراعة الحبوب مثل القمح والشوفان من البروتوبلاستات فقد ثبت أنها أكثر صعوبة ، وبالرغم من ذلك فإنك إذا قمت بزيارة لشركة هندسة وراثية نباتية فالأغلب أنهم سيطلعونك بشىء من الفخر على « حقل قمح المستقبل » الذى صنعوه ، سطور وراء سطور من نباتات بالغة الصغر فى قوارير تنمية بحجرة صغيرة تحت ضوء اصطناعى . إنه موضوع يقومون فيه بمجهود مكثف حقا ، وليس من الصعب تفهم السبب فى هذا ، والجدول الموجود بالصفحة التالية يبين الإنتاج النسبى للمحاصيل المختلفة فى العالم . ومنه يظهر أن الحبوب هى السائدة . فسوق الحبوب هو الأكبر ، وهو الهدف الأكثر وضوحا أمام مربى النبات .

الإنتاج العالمى لأهم ٣٠ محصولا (باستثناء الحشائش)
(بالمليون طن مترى)

المحصول	الإنتاج	المحصول	الإنتاج
القمح	٤٢٠	الطماطم	٤٠
الأذرة	٣٨٥	بنجر السكر	٣٥
الأرز	٣٧٥	الجويدار	٣٥
البطاطس	٢٨٥	التفاح	٣٥
الشعير	١٧٠	جوز الهند	٣٠
البطاطا	١٤٥	زيت بذرة القطن	٣٠
الكسافا	١٠٠	الفول السودانى	٢٥
فول الصويا	٩٥	اليام	٢٠
العنب	٧٠	البطيخ	٢٠
الشوفان	٦٠	الكرنب	١٥
الأذرة السكرية	٥٥	البصل	١٥
قصب السكر	٥٥	الفول	١٠
البرتقال	٥٥	البسلة	١٠
الدخن	٥٠	بذور عباد الشمس	١٠
الموز	٤٠	المانجو	١٠

تثبيت النتروجين (الأزوت)

إن قراءة هذا الجزء ليست سهلة ولكن القضايا التى يثيرها هامة حقا . فمن الجائز أن تتمكن البيوتكنولوجيا من تخليق نباتات ذات اكتفاء ذاتى نسبى من ناحية التسميد ، وربما أزهرت صحراوات العالم . ولشرح هذه الإمكانية علينا أن نتحدث عن العنصر الأساسى فى التسميد : النتروجين .

تقع الزراعة فى عصرنا هذا داخل نظام يمتد من تربية وإنتاج النباتات عالية الغلة والبذور مرورا بالأسمدة اللازمة لتغذيتها والمبيدات الحشرية اللازمة لوقايتها ، حتى تصنيع المنتجات . وقد ابتِدىء فى استخدام البيوتكنولوجيا الآن فى الطرف النباتى حتى تقيدَّ الزراعة فى هذه الوضعة من التبعية ، ويعتبر هذا بالنسبة للشركات الكبيرة ـ ومعظمها من شركاتَ الصناعات الكيماوية ـ طريقا للتحول بعيدا عن قطاع من الإنتاج مزدحم يواجه أزمته الخاصة . إنه تحرك استراتيجى قصد به فتح أسواق جديدة لمنتجات الصناعة الكيماوية . وسنناقش فى الفصل السادس طرقا جديدة لخلق مدخلات للصناعة الكيماوية ، ويعود هذا بنا ثانية إلى النباتات .

فى هذا الوضع الجديد يصبح النبات هو المركز لنظام صناعى . ولا يتضمن هذا أية تغيرات بنيوية فى الزراعة الميكانيكية المكثفة الطاقة ، بل لقد أصبحت البيوتكنولوجيا تستخدَم فى تأكيد هذا النظام . إن تحريك جينات جديدة داخل النباتات يجعل من خلاياها نفسها قطاعا صناعيا ، وكمثال حى على هذا هناك محاولة استغلال بعض البكتريا فى تثبيت الأزوت .

إن زيادة غلة المحاصيل إنما تعنى حاجة متزايدة للأسمدة ، ويعتبر الأزوت هو المورد الأساسى المطلوب لمقابلة احتياجات هذه النباتات . ويمكننا تقدير أهميته كمادة خام إذا عرفنا أن كل حامض أمينى يحتوى علىِ الأقل على ذرة نتروجين واحدة . والأحماض الأمينية هى العناصر القاعدية التى يبنى منها البروتين ، وعلى هذا فكل الكائنات الحية تحتاج الأزوت لنموها . ويوجد عنصر الأزوت بوفرة فى الغلاف الجوى للأرض إذ يكوِّن نحو أربعة أخماس الهواء الذى نتنفسه . غير أنه غاز خامل يصعب استخدامه كمادة كيماوية ، وتربَط ذرتا جزىء النتروجين برابطة قوية يحتاج كسرها إلى طاقة كبيرة ، وعلى هذا ، فبالرغم من أن الأزوت يغمر باستمرار كل كائن حى على وجه الأرض إلا أن تمثيله متعذر إلا عن طريق غير مباشر فى صورة « أزوت مثبَّت » ، وهو أزوت متحد إما مع الأكسوجين (فى صورة نترات) أو مع الأيدروجين (فى صورة أمونيا) .

هناك دورة للأزوت بين التربة والجو والنبات ـ جزْر ومد مستمر بين التمثيل والإفراد ، إذ تنمو الكائنات عن طريق النتروجين المثبت من مستودع فى التربة ، ثم يطلَق هذا مرة أخرى من خلال النفايات والتحلل . وهناك فى التربة نفسها تيار مستمر إلى هذا المستودع ومنه ، ويوجد نوعان من البكتريا يساعدان التدفق إلى المستودع ، فالبقايا العضوية تتحلل لتطلق الأمونيا التى تتحول إلى نترات فى التربة عن طريق البكتريا المنيترة ، وهناك بكتريا أخرى مثبتة للأزوت تعيش إما مستقلة

أو مرتبطةً فى تكافل مع أنواع نباتية معينة ، وهى تستخدم أزوت التربة وتحوله إلى شكـل يستـطيع النبـات تمثيله . وتقايض البكتريا المتكافله الأزوتَ بالطاقة من النبات لمصلحة الطرفين . ومن الهواء يصل إلى التربة بعض الأزوت المثبَّت بسبب البرق الـذى يتسبب فى اتحـاد ذرات الأزوت بالاوكسـوجـين . أما بكتريا نزع النـتروجـين (المُزَنْترة) فتساعد تدفق الأزوت للخارج عن طريق تحليل النترات لينـطلق الأزوت الحر إلى الجو . وتغسِل الأمطار بمرورها فى التربة النترات إلى الأنهار ، والشكل التالى يبين هذه الدورة كلها .

إن نمـو المحـاصيل العالية الغلة يمكن - وبسرعة - أن يستنزف مستودع التربة ، ومن هنا نشأت الحاجة إلى التسميد المكثف والإنتاج المكثف للمخصبات الإصطناعية . كانت معظم الأسمدة الاصطناعية فى القرن التاسع عشر تُصنع من الـرواسب المـتراكمـة للجـوانو - الصورة المتحجرة لزرَق طيور البحر الغنى بالأمـونيا - وكـان المصـدر الرئيسى للجوانو هوشيلى . وكانت هناك إمبراطورية شاسعة وتجارة واسعة تسهل الوصول إلى الأماكن النائية التى يتوفر بها الجوانو . وبتزايد التوترات بين القوى الاستعمارية فى أواخر القرن التاسع عشر بدأت الدول التى ليس لها مصدر سهل بمستعمراتها من المواد الخام - مثل ألمانيا - والتى لديها صناعة كيماوية متطورة ، بدأت فى البحث عن طرق جديدة لصناعة المخصبات . وقبـل الحـرب العـالمية الأولى بوقت قصـير تمكن عالمان ألمانيان هما فريتس هابر وكـارل بوش مت تطوير طريقـة لصنـاعـة الأمـونيا عن طريق ربط الأزوت بالهيدروجين على درجة حرارة عالية فى وجود مادة محفزة ، وما تزال هذه العملية تشكل الأساس فى إنتاج المخصبات الاصطناعية ولو أن الهيدروجين المطلوب - والذى يُشتق من الغاز الطبيعى أو البترول - يربط تكاليف الإنتاج بتكاليف الوقود الحفرى .

دورة النتروجين فى الطبيعة

١ - تمتص نباتات الحبوب - كالذرة - النتروجين من التربة فى صورة نترات .

٢ - تأكل الحيوانات الذرة وتحيلها إلى بروتين حيوانى .

٣ - يعود النتروجين إلى التربة مع مخلفات النبات والحيوان ، التى تتحلل منتجة الأمونيا .

٤ - يأكل الإنسانُ النباتاتِ والحيوانات ويحيلها إلى بروتين آدمى ، وتعود مخلفاته إلى التربة .

٥ - تتحول الأمونيا الناتجة عن التحلل العضوى إلى أملاح أمونيوم فى التربة لتحيلها البكتيريا « المُنَيْترة » فى التربة إلى نترات .

٦ - تحرر البكتيريا « المُزَنْترة » النتروجين المثبت فى نترات التربة ، وتسمح للنتروجين بالانطلاق إلى مستودع الهواء الجوى .

٧ - نباتات البقول ، كالبسلة والفول والفاصوليا ، تُؤوى البكتيريا المثبتة للنتروجين على جذورها ، وهذه البكتيريا تحوّل نتروجين الجو فى التربة إلى نترات ، وبذا تزوّد مستودع التربة بالنتروجين المثبّت .

٨ - يتسبب البرق فى إنتاج حامض نيتريك ضعيف فى المطر ، الذى يكون بدوره نترات فى التربة .

٩ - يُربط غازا النتروجين والهيدروجين لإنتاج مخصبات اصطناعية ، يمكن نثرها على التربة التى تحتاجها .

١٠- يحمل ماء المطر المنساب خلال التربة النتراتِ إلى الأنهار والبحر .

وبالرغم من ذلك فما تزال الأسمدة الازوتية تكون النسبة العظمى من المخصبات المستخدمة ، وما يزال الطلب عليها يتزايد ، وقد تضاعفت الكمية التى استخدمت منه فى الولايات المتحدة إثنى عشرة مرة فى الفترة ما بين ١٩٥٠ و ١٩٨٠ ، بل إن الكمية التى استخدمت بالولايات المتحدة وأوروبا فى عام ١٩٧٠ بلغت ثلاثة أرباع ما اسخدم من المخصبات فى العالم بأجمعه . وخلف اختلال التوازن هذا يكمن التاريخ المخفى للعالم الثالث . لقد حلت تبعية شراء الأسمدة المحضرة صناعيا محل السيطرة الاستعمارية ، تلك السيطرة التى حولت يوما بعض الأراضى المنتِجة فى المستعمرات إلى محاصيل نقدية كالقطن والبن والسكر والمطاط ، وتقحَم الآن الزراعة المصنعة فى النظم الاقتصادية للعالم الثالث بأسعار تفوق مواردها المالية .

ولكن طريقة هابر لا تنتج إلاَّ ربع إنتاج العالم من الأزوت المثبت ، أما الباقى وهو ما يقدر بنحو ١٥٠ مليون طن مترى فى العام ، فتنتجه البكتريا فى واقع الأمر ، ومعظم هذا القدر يأتى عن العمل غير المقصود للبكتريا المثبِّتة للأزوت الموجودة بالتربة ، ويأتى جزء منه بسبب الاستغلال المتعمد لنباتات مثل البازلاء والفول والبرسيم والألفا ألفا التى تزرع لإثراء التربة المستنزَفة بسبب زراعة الحبوب . إن تعويض ما فقدته التربة من الأزوت هو السبب الرئيسى للدورة الزراعية . وقد عُرفت فائدةِ هذه النباتات منذ قرون ، أما السبب فى ذلك ـ وبالذات دور النتروجين فى هذا ـ فلم يُعرف إلا مؤخرا ، فقد أثبتت تجارب هلريجل وويلفارث ـ فقط فى سنة ١٨٨٨ ـ أن النتروجين يثبَّت عن طريق التكافل بين هذه النباتات البقولية والبكتريا . ولكى نتفهم التطويع اليدوى المخطط لعمليات تثبيت النتروجين ، فإن الأمر يستحق أن نتأمل فى طريقة حدوث هذا فى البقليات ، فقد ثبت أن البقوليات تؤوى أنواعا مختلفة من بكتريا الريزوبيوم ، وتعتبَر العلاقات المشتركة بين هذه النباتات وبين البكتريا من أكثر العلاقات تعقيدا .

يدخل الريزوبيوم جذور البقوليات من خلال شعيرة جذرية (وهذه خلية على سطح الجذر وظيفتها الامتصاص) ، وعندئذ تحيل هذه نفسها إلى أنبوب لهذه البكتريا ، التى تتحرك إلى الداخل فى شكل خيط نحو لحاء الجذر ، فإذا ما وصلت الإصابة إلى هذه المرحلة انتفخ الجذر وتكونت عقدة جذرية سرعان ما تمتلىء بملايين البكتريا المثبتة للنتروجين . وعملية « إصابة » الجهاز الجذرى هذه هى غزو غير مَرَضى مفيد لكلا الجانبين ، وهو عملية متخصصة للغاية إذ يعرف كل نوع من البقوليات نوعا معينا من الريزوبيوم يسمح له بالدخول ، ولا يُسمح لغير هذا النوع من البكتريا بدخول النبات البقولى .

أما سلسلة التفاعلات التى يتحول بها أزوت التربة إلى أمونيا داخل البكتريا المثبتة للنتروجين فهى سلسلة معقدة ما تزال غير مفهومة تماما . والإنزيم الأساسى فى هذه العملية يسمى نتروجينيز ، وهو يحفز كسر الرابطة المزدوجة القوية لجزىء النتروجين ، ثم تحويله إلى أمونيا . وعملية تثبيت النتروجين عملية مكثفة الطاقة ، وتستمد البكتريا بعض الطاقة التى تحتاجها للقيام بهذه العملية من زميلها فى التكافل ـ نقصد النبات الذى تعيش داخله ، وتنتج النترات اللازمة للنمو عن طريق تنظيم بين الجانبين تقايَض فيه الطاقة بتثبيت النتروجين . إن المنفعة المشتركة هى جوهر التكافل .

وفى استكشافنا لتوسيع حدود تثبيت النتروجين يمكننا أن نبحث فيها إذا كان لأى توافيق معينة من البكتريا والنبات نتيجةٌ واضحة التميز . وقد اتضح أن لبعض سلالات الريزوبيوم فعالية أكثر من غيرها ، وبذا يصبح للبحث فى المعمل عن السلالات عالية التثبيت أهميته (هناك مشكلة تتمثل فى أن هذه البكتريا الممتازة لا تكون دائما طيبة فى عالم التربة الحقيقى إذ تفضلها عندئذ البكتريا الراسخة فى التربة ، والحل هنا هو التهجين) . وهذا المسح المنظم لأداء البكتريا قد بيّن أن لبعض البكتريا المثبتة للنتروجين جهازا بيوكيماويا معضداً يُفيد من النتروجين الزائد الذى تطلقه عملية التثبيت الرئيسية . وهذه السلالات ـ التى تسمى سلالات هُب + ـ سلالات أكثر كفاءة يؤدى استخدامها إلى زيادة غلة المحاصيل . وتفحص الآن إمكانية نقل البلازميد الحامل لجينات هب + لبكتريا أخرى ، وهذه الأفكار ترمى إلى زيادة إنتاج نباتات تقبل بالفعل إيواء البكتريا المثبتة للنتروجين ، وهناك الآن بالفعل لقاحات تجارية من الريزوبيوم موجودة بالسوق يمكن لمزارعى فول الصويا شراؤها ، وهى مستحضرات تحتاج ـ كى نصل إلى كفاءتها الكاملة ـ أن تطوَّع لتناسب حالة التربة فى مكان الزراعة وأسلوب الزراعة . ويمول اليونسكو الآن برنامجا عاما لتدريب علماء الميكروبيولوجيا فى الدول النامية ، ولتطوير ريزوبيومات تصلح فى الزراعة لدى الفلاحين . إن هذا يبدو فكرة تقدمية إذا أخذنا بظواهر الأمور ، ولكنه قد يمهد الطريق لمجموعة جديدة من منتجات زراعية تباع للعالم الثالث .

وهناك طريق آخر هو تنمية بكتريا مثبتة للنتروجين على مصدر كربونى اقتصادى ، لا سيما من البكتريا التى تعيش حرة ، لنستخدم الراسب البكتيرى الناتج كسماد أخضر ، وهناك بالفعل شىء كهذا يستخدم فى حقول الأرز ، حيث ينمَّى سرخس أزولاً المائى ، ففى أوراق هذا السرخس يعيش طحلب أنابيْنا أزولاً الذى يثبت النتروجين ، ويُسمح لهذه النباتات بالتكاثر فى حقول الأرز ثم تحرث فيها بعد فى الطين لتغذى جذور نباتات الأرز النامية ، وتستخدم هذه الطريقة فى فيتنام والصين منذ مئات السنين . وهناك الآن أبحاث مكثفة لتطوير هذا التكنيك . وهناك احتمال أكثر تطرفا بالنسبة لزراعة الحبوب ، وهو فكرة تخليق سلالات جديدة تقبل التكافل مع البكتريا المثبتة للنتروجين .

أما خصيصة تعرُّف النبات البقلى ونوع الكائنات الدقيقة المعين على بعضهما البعض فهى صفة تحددها الوراثة . فالنبات يكوّن جزيئات للتمييز تقول « إننى برسيم » أو أى نبات آخر ، ويستطيع نوع معين من البكتريا ـ هو بكتريا ريزوبيوم تريفولاى فى حالة البرسيم ـ أن يتعرف عليها . ولكنا نستطيع بالمعالجة الوراثية اليدوية أن نجعل البكتريا تميز وتستعمر وتكون عُقَدا على نباتات لا ترتبط بها

طبيعيا ، وذلك إذا ما كوّن النبات جزيئات إثبات الهوية الخاصة بنوع آخر . وهناك حقيقة مثيرة هي أن جذور بعض الحشائش النجيلية الاستوائية تؤوى بعض البكتريا المثبتة للنتروجين ، وهذه الحشائش من الأقارب البعيدة للقمح والجويدار ، ومن المحتمل إذن ألّا يكون من الصعب أن ننمى مثل هذه البكتريا على جذور أصناف جديدة من القمح والجويدار ، وفى هذه الحالة نستطيع أن نستبدل اللقاح البكتيرى ـ وسيكون أرخص ـ بالمخصبات الاصطناعية ، بحيث يستطيع المزراعون لرفع غلتهم أن يشتروا أصنافا جديدة تكون قد قبلت البكتريا الجذرية بجانب اللقاحات التى ينشرونها فى حقولهم .

وأخيرا فهناك المشروع الطموح لإنتاج نباتات تثبت النتروجين . والتثبيت البكتيرى للنتروجين تحكمه مجموعة من الجينات ـ تسمى جهاز **نيف** ـ تحدد الإنزيمات المطلوبة وتتحكم فى مقادير إنتاج كل منها . ولقد تم بالفعل نقل جهاز **نيف** كله على بلازميد بكتيرى إلى إ . **كولاى** ، وتحولت بذلك إ . **كولاى** إلى كائن يثبت النتروجين ، وكان النجاح أقل فى تجارب مماثلة مع الخميرة ، وهى كائن ذو جهاز خلوى مختلف ، وبالرغم من ذلك فما يزال الكثيرون يحاولون نقل مجموعات من الجينات (مثل مجموعة **نيف**) إلى خلايا نباتية على ظهر البلازميدات أو الفيروسات . إن تحريك الجينات بين الكائنات ليس صعبا ، إنما الصعوبة تكمن فى تشغيلها .

والتكنيك الأساسى هو استخدام بلازميد من كائن دقيق هو **أجريبكتريم تومفاشنس** يسبب ظهور أورام تاجية الشكل فى مجموعة كبيرة من النباتات ، وتحمل الجينات المسئولة عن هذا الورم على بلازميد فى البكتريا يسمى بلازميد ـ تى . وعندما تصيب البكتريا نباتا ، يندمج د ن ا البلازميد فى أحد كروموزومات الخلايا المصابة للنبات ، لتتحول هذه الخلايا إلى ورم نباتى يتكاثر بسرعة ، وقد ثبت أنه من الممكن تطعيم د ن ا خارجى فى بلازميدات تى ، لتدمج هذه العوامل الوراثية المرتبطة فى كروموزومات النبات . ومن الممكن أن نأخذ شرائح من أنسجة الورم التاجى التقرحى الناتج وننميها إلى نباتات كاملة ، وتحتوى كروموزومات هذه النباتات إذن على الجينات الغريبة التى طعّمت فى د ن ا البلازميد . ومن الممكن أن نستخدم الآن أيضاً فيروس القنبيط الموزايكى كحامل ننقل عليه أجزاءً من الـ د ن ا . وقد نستطيع أن نستخدم هذا التكنيك كطريقة للإسراع بإنتاج سلالات جديدة ، سلالات تتميز مثلا بارتفاع المحتوى من البروتين أو بكفاءة أعلى فى التمثيل الضوئى ، والمشكلة أن مثل هذه الصفات يحكمها عدد كبير من الجينات ، وهناك صعوبة كبيرة فى أن ننقل مجموعة كاملة من الجينات فى حالة عاملة .

والتضمين الواضح لهذا هو أنه من المستبعد أن يكون لمثل هذا البحث أثر على الزراعة قبل مرور زمن طويل ، ربما عشر سنوات أو أكثر ، وربما كان للطرق الأخرى الأقل طموحا أثر أسرع . وتولى الشركات فى الوقت الحالى اهتماما واسعا لتربية النباتات ، مما يشير إلى أن الشركات المعنية - وهى أساسا شركات الصناعات الكيماوية - تتوقع فرصا هائلة لإنتاج نباتات جديدة للبيع . وتحركها إلى هذا المجال يعنى من ناحيةٍ استجابةً لتطورات تقنية فى علم النبات ، وهو من ناحية أخرى طريق للجنوح خارج قطاع الكيمياء المكتظ ، وهو من ناحية ثالثة يرجع إلى الفرص التجارية التى تقدمها التعديلات فى قوانين البراءات . فقد غدا من السهل الآن تملك أنواع النباتات ، فإذا ما أثمرت هذه الخطط التى ناقشناها ونتج عنها نباتات جديدة لها مميزات اقتصادية معنوية ، فإنها ستعرض فى السوق كملكية خاصة للشركات الزراعية التجارية .

إحدى طرق الهندسة الوراثية فى النبات

(أ)

١ ـ يُعزل تتابع د ن ا الذى يشفِّر للصفة المطلوبة .

٢ ـ يُستخلص ما يسمى بـ « بلازميد تى » من الكائن الدقيق أجريبكتيريم تيوميفاشنس .

٣ ـ يُطعَّم تتابع د ن ا المعزول فى الخطوة (١) فى بلازميد تى .

٤ ـ يُعاد إيلاج البلازميدات المطعَّمة داخل خلايا ا . تيوميفاشنس ، التى تستعمل بعدئذ فى إصابة النبات الهدف .

٥ ـ تتسبب الإصابة بـ ا . تيوميفاشنس فى ظهور التدرن التاجى على النبات .

٦ ـ يُضَمَّن بعضُ من د ن ا البلازميد الذى يحتوى على الجين المضاف ـ داخل كروموزومات النبات .

(ب)

١ ـ يمكن إنتاج نباتات ناضجة من خلايا الدرن .

٢ ـ ستحتوى بعض كروموزومات هذه النباتات على بعض من د ن ا بلازميد تى وغيره من الـ د ن ا .

٣ ـ أمَّا أن نجعل خلايا الأجيال النباتية التالية تعمل وفقا للتعليمات الوراثية الجديدة بها ، فهذا أمر آخر .

أما من وجهة نظر من يبيع المخصبات والمبيدات الحشرية ، فقد تزايدت أهمية السيطرة على نوع النباتات التى تزرع بسبب زيادة الارتباط بين حزَم الكيماويات التى يبيعونها للفلاحين لزيادة الغلة وبين النباتات التى تستجيب لها ، فإذا ما حدث فى المستقبل واستبدلت ببعض المستحضرات الكيماوية منتجات أخرى ـ كالبكتريا ، مثلا ـ أو حتى هُنْدست هذه المستحضرات داخل نباتات المحاصيل ، فإن القدرة على تسويق نباتاتٍ تتوافق مع مستحضرات شركتك تصبح أكثر أهمية .

أشجار النسخ الخضرى

الشجرة فى نظر البيوتكنولوجى هى أداة لتحويل الهواء الطلق وضوء الشمس إلى مال بمساعدة الأراضى المتاحة ، ولكى نحصل على المال فإننا نحتاج إلى بيع ثمار الشجرة أو اللَّبَنى الذى يستخلص من جذعها ، أو أن نقطعها ونبيع أخشابها . وهذه الطريقة فى التفكير ليست جديدة تماما . خذ مثلا شجرة المطاط . لقد أنشأت شركات المطاط الأجنبية المزارعَ الهائلة فى ماليزيا وغيرها من البلاد منذ خمسين أو ستين عاما عن طريق « النسخ الخضرية » الجديدة - أى من مجاميع من أشجار عالية المحصول ذات تركيب وراثى متطابق ، ولم تتعاون بعض الأنواع النباتية الأخرى بهذه السهولة مع التوسع الاستعمارى ، فحتى وقت قريب كانت النباتات الجديدة من نخيل الزيت تنتج من زراعة البزور ، أما اليوم فإن بذور نخيل الزيت هى ناتج التهجين المنهجى لنخيل « ديورا » ذى الثمار السميكة القشرة كأم ، بحبوب لقاح من أب ثماره بلا قشرة يسمى « بيسيفيرا » ، وأشجار « التينيرا » الناتجة تعطى ثمارا ذات قشرة متوسطة السمك ومحصولا زيتيا أكبر فى الجزء الخارجى السميك من الثمرة . ويصنع المرجرين - وغيره - من زيت النخيل . ولشركة يونيلفر الملايين من الأشجار التى زرعت لهذا الغرض .

تكونت شركة يونيلفر سنة ١٩٢٩ باندماج شركة إخوان ليفر مع مؤسسة يونى الهولندية للمرجرين لتنمو وتصبح أكبر مشاريع المستهلكين التجارية وأعرضها قاعدة ، وهى خامس أكبر الشركات خارج الولايات المتحدة . كان من أهم القضايا فى أنشطتها التجارية والمالية والتكنولوجية ، شراء المواد الخام لصناعة المرجرين بأرخص الأسعار . ومن بين طرق تحقيق هذا اكتساب مرونة التحرك من أحد الزيوت إلى آخر عند تغير سعر السوق ، وهناك طريق آخر هو زيادة السيطرة على الإمدادات من زيوت النخيل عن طريق إنشاء المزارع الخاصة بالشركة أو عن طريق استخدام نفوذ قوتها الشرائية الهائلة فى الأسواق العالمية لخفض الاسعار ، وبذا تقلل عائد الدول المصدرة والمنتجين المحليين . ويحكى أحد التقارير عن أنشطة يونيلفر ، كيف هُجِّرت - بسبب اقتصاديات المزارع - مجتمعات بأكملها وكيف نقلت العمالة من أماكن أخرى وكيف فرض نظام جديد تماما من القيم على الثقافات المحلية . وقد قيل إن القوة الشرائيةَ الهائلة للشركة قد تسببت فى تحول مجتمعات زراعية ونظُم نقل واقتصاديات بأكملها وحكومات لتصبح دولاً تابعة ، وبسبب النفوذ الهائل لشركة يونيلفر تأثرت السياسة الجمركية وبرامج التطوير الاقتصادى والمعاهدات التجارية والمصالح السياسية والاقتصادية وطبيعة وتركيب التجارة العالمية فى الزيوت . إنه مثال كلاسيكى للشركة متعددة الجنسية التى

تحمى موارد إمداداتها وتحاول فرض احتياجاتها على الزراعة والبيئة والبنية التحتية الاقتصادية المحلية وثقافة الدول التى تغدو يائسة فى طلب النقد الأجنبى الذى تقدمه المحاصيل النقدية .

إن البحث المستمر موضوع فى غاية الأهمية بالنسبة لهذه العملية . وهذا ما قاله عنها رئيس سابق لشركة يونيلفر :

> « إن الغرض دائما هو أن نتمكن من التحول من أحد الزيوت أو الدهون الى آخر دون تدهور فى الجودة ، إذ لا يصح أن يفقد مرجرين شركتنا قوامه أو قوة حفظه أو نكهته أو قيمته الغذائية ، لا ولا أن يحدث ذلك للون أو رغوة أو جودة الغسيل لصابوننا . وتبعا لهذه الضرورة فإننا نحاول دائما أن نكون فى وضع نستخدم فيه أقل كمية من الزيوت والدهون الشحيحة فى السوق وكميات أكبر من تلك الأكثر توافرا ، وعلى هذا الأساس توجَّه بحوثنا من سنين طويلة فى اتجاه يجعلنا أكثر مرونة وأكثر قدرة على استخدام الزيوت والدهون المختلفة فى أوسع مدى من الأغراض » .

وفى سنة ١٩٦٨ كوِّنت مجموعة فى المعمل المركزى لبحوث شركة يونيلفر فى بريطانيا لتطوير تكنيك زراعة الأنسجة للتطبيق على نخيل مزارع الشركة . وفى مارس ١٩٧٦ أرسل أول النخيل المنسوخ خضريا إلى ماليزيا فى شكل نباتات صغيرة عارية الجذور لتزرع فى العام التالى فى يونيبامول كلوانج وتثمر فى سنة ١٩٧٨ . ومعنى هذا كله أننا نستطيع إكثار أشجار النخيل العالية المحصول لاجنسيا ، أى أن تنتج ـ إن أردت ـ نباتات منسوخة خضريا بدلا من التكاثر الجنسى عن طريق التلقيح بحبوب اللقاح وإنتاج البزور ، ولم يعد من الضرورى الالتجاء إلى التكاثر الجنسى وما يعتريه من آثار الصدفة ، وبذا نتجنب تباين الصفات الذى ينشأ عنه ونتخلص من تشتت الصفات الهامة إذا حدث وتجمعت فى نبات واحد . ويصبح الحصاد أسهل بكثير لأن أشجار النسخة الخضرية الواحدة ستكون دائما ذات حجم أكثر اتساقا ، كما أن الثمار ستنضج جميعا فى نفس الوقت ، ويكون الزيت فيها ذا تركيب متماثل .

الأشجار المتطابقة فى التركيب الوراثى إذن قد تُبقى سعر المرجرين منخفضا ، أو هى على الأقل ستمكن شركة يونيلفر من أن تَبقَى فى موقعها القائد فى حقل تصنيع الأغذية . لقد أمكن ان تتكاثر أشجار نخيل الزيت خضريا . وتدَّعى شركة يونيلفر أن هناك زيادة فى غلة الأشجار الجديدة تبلغ ٣٠ ٪ ، وتمضى الأبحاث الآن قدُماً على شجر جوز الهند . وهم يخططون لبيع سلالاتهم الجديدة

لغيرهم من المنتجين ومنهم بلاشك المزارع المؤممة والتعاونيات التى اشتروا منها بعض المواد الوراثية الخام . ويعمل العلماء الآن فى تحليل الأساس الوراثى لإنتاج زيت النخيل وذلك فى واحدة من المؤسسات المركزية البحثية الرئيسية الثلاث لشركة يونيلفر فى فلاردنجن بهولنده ، والغرض هو معرفة أى الجينات يسيطر على إنتاج كل دهن من دهون (أو ليبيدات) الزيت ، ثم تحريكها لرفع غلة سلالات خاصة من النخيل . وبتعبير آخر ، إنهم يريدون أن يجروا التهجين على المستوى الجزيئى ، وإذا ما نجح هذا على المدى الطويل فإنه سيعود ليصب فى إنتاج النسَخ الخضرية ، لأنه من الممكن إيلاج الجينات المطلوبة فى خلايا النبات أثناء نموها فى مزارع الأنسجة لتطور إلى نبيتات ، ثم إلى أشجار يرعاها عمال ماليزيا .

من المهم أن ندرك أنه من الممكن أن نصنع ليبيدات زيت النخيل فى البكتريا . وقد وجد فى سنة ١٩٧٨ أن تكاليف إنتاج الطن بهذه الطريقة يبلغ ألفى جنيه ، وهذا يعنى أن نهتم بالانتاج الميكروبى لكل ما يتكلف أكثر من هذا عند إنتاجه بطرق الاستخلاص الحالية من المادة النباتية ، حتى ولو اتضح أن تحقيق هذا الانتاج الميكروبى عمليا فى غاية الصعوبة ، أما ما تقل تكاليف إنتاج الطن منه عن ألفى جنيه فمن الأفضل إنتاجه بالطرق التقليدية . ويبلغ سعر طن زيت النخيل حاليا ٤٠٠ جنيه ، ولكن سعره فى السوق العالمى كما رأينا يتوقف على توازن القوى ، السياسية والاقتصادية ، بين الموردين والمنتجين ، فإذا تغير الاتزان ، كما حدث مع البترول الخام وتكرير البترول ، عندئذ تتغير اقتصاديات إنتاج زيت النخيل ، وتحت هذا المعنى ،سنجد أن العمل فى الوراثة الجزيئية لزيت النخيل سيصبح سياسة وقائية طويلة المدى ضد التغيرات السياسية التى تؤثر فى سعر المادة الخام . فإذا ما أمكن تطوير عملية بكتيرية ذات إنتاج أرخص ، فإن الأقطار النامية المصدرة لهذا الزيت ستفقد مورداً آخر .

وفى سنة ١٩٨١ أكد رئيس شركة يونيلفر مرة أخرى أن البحوث والتطوير هى مواضيع حيوية بالنسبة لكفاءة عمل الشركة كمصنع للغذاء والمنظفات . وتنفق شركات يونيلفر سنويا ١٤٤ مليون جنيه على البحوث ، منها ٧٥ مليونا تنفق على المؤسسات البحثية المركزية . والمشكلة كما تراها الشركة هى ربط البحوث التطبيقية ومشاريع التطوير بالاستقصاءات الاستراتيجية الطويلة المدى ، مع التأكيد على التغيرات فى المفاهيم التقنية بحقول البحث السرية . وربما كان هذا هو السبب فى تجنيد شركة يونيلفر للسير جوفرى آلن كمدير للبحوث ، وهو رجل ذو اهتمامات بالبوليمرات ، وعمل فى معمل بحوث شركة آى . سى . آى فى أوائل السبعينات ، والأهم من هذا أنه كان رئيس مجلس بحوث العلوم والهندسة (م ب ع هـ) ، وهو الهيئة التى توزع اعتمادات الحكومة البريطانية لبحوث

الجامعات فى علوم الفيزياء . وقد كان فيه مسئولا عن السياسات المختلفة التى ترمى إلى ربط البحوث الأساسية بشكل أوثق مع الإنتاج الصناعى . وهو يفخر بنجاحه فى إقناع بعض كبار رجال الصناعة بالاشتراك فى المجلس . وقد كانت مساهمته فى فترة تخفيض نفقات البحوث الحكومية هى دفع إجراءات صُممت لخدمة التطوير الصناعى بشكل أكثر كفاءة عن طريق الجامعات .

وكان انتقاله إلى يونيلفر حادثا هاما . فرئيس م ب ع هـ هو أقوى مَنْ يشكل السياسة العلمية فى بريطانيا . وعادة ما يعود رئيس هذا المجلس ـ بعد انتهاء فترة خدمته به ـ مرة أخرى إلى البيئة الجامعية التى أتى منها ، ليعمل دائما فى وظيفة إدارية كنائب لرئيس الجامعة . وأيا كان السبب فى التحاقه بشركة يونيلفر ، فقد نجحت الشركة فى تجنيد شخص طالما فكر فى طريق لربط البحث الأساسى بحاجات الصناعة (من المثير أن م ب ع هـ قد أعلن أخيراً أنه سيدفع ٢٥٠٠٠٠ جنيه لبحث مشترك بين يونيلفر وجامعة برمنجهام للعمل على الإنتاج المكثف للأجسام المضادة النقية) . وتعيين سير جوفرى يوضح الحاجة إلى تجميع ودمج نتائج الأبحاث الجديدة فى مرحلة مبكرة وجوهرية إذا كانت البيوتكنولوجيا تعرض إمكانية التحول الكامل فى بنية الزراعة .

وليست يونيلفر هى الشركة الوحيدة التى تهتم بالأشجار . فهناك شركة أخشاب أمريكية هى وايرهوسر تَرُودُ هى الأخرى عملية النسْخ الخضرى للأشجار فى أنابيب الاختبار ، وشركة وايرهوسر شركة ضخمة حقا ، فهذه الشركة ـ التى يسيطر عليها أفراد عائلة واحدة ـ تمتلك ٢ر٤ مليون هكتار من الغابات فى الولايات المتحدة ، كما أن لها حقوق الحصاد فى ٣ر٣ مليون هكتار أخرى فى كولومبيا البريطانية ، و ٤٠٥٠٠٠ هكتار فى شرق كندا و ٦٠٧٠٠٠ هكتار فى الشرق الأقصى . وهذا يجعلها أكبر منتج للأخشاب فى العالم .

إن السبيل المقترح أمام شركات الأخشاب هو أن تبقى متحركة فتقطع الغابات وتجهز الأخشاب بأقصى سرعة باستخدام الجرارات والماكينات الثقيلة التى تحيل كل الأشجار الصغيرة والأجزاء الخضرية إلى لباب . وطريقة إنتاج الخشب هذه تعنى الإتلاف الشامل للغابات والفتك بحياة الحشرات والنباتات والأزهار ، وكذا حياة طيور الغابة وحيواناتها (بسبب تحطيم موطن معيشتها) . فإذا كانت المساحات المتاحة هائلة والسلطات متراخية (كما هو الحال عادة فى الغابات الاستوائية) ، مضت هذه القوة الماحقة فى طريقها تحطم ، دون أن يرافقها إعادة التشجير . وحتى إذا هى زَرعت أشجارا جديدة ، فسيكون تحطيم البيئة أيضا كبيرا .

إن أكثر نتائج اقتلاع الأشجار خطورة هو ضياع الموارد الوراثية . إن الغابات الاستوائية مستودعات هائلة للأنواع النباتية والحشرية والثديية . ويقدر أن نحو ٤٠٪ من أنواع الكائنات الحية كلها (والتى يبلغ عددها ٥ ـ ١٠ ملايين نوع) يوجد بهذه الغابات التى تختفى بسرعة ، والتى ربما قُضى على نصفها بنهاية هذا القرن ومعه كل الأنواع التى تسكنه . إنه توقع مرعب . فهذه النباتات والحشرات ليست مجرد تحف وإنما هى شىء حيوى لاستمرار تربية النباتات وهى مصدر هائل لمواد وصفات نافعة ، فالعدد المحدود من النباتات الذى نستخدمه كمحاصيل زراعية يحسَّن باستمرار عن طريق التهجين بالأقارب البرية . وهناك على سبيل المثال نوع الأذرة الذى اكتشِف فى أواسط المكسيك والذى نتوقع أن يرفع من إنتاج الذرة فى العالم كله .

وهناك أنواع مجهولة من الفاكهة والأشجار والشجيرات التى يمكن استخدامها فى أغراض مختلفة ، وهناك الحشرات التى يمكن استخدامها فى مقاومة الأمراض ، إذ قد ثبت أنه من الممكن استخدام الفراشات بالذات كمصدر هام للمضادات الحيوية والأدوية المضادة للسرطان . وبدلا من أن نطحن الآلاف من فراشات نربيها ـ وهذه فكرة فظيعة ـ فإننا نستطيع أن نزرع خلاياها لنستخلص منها ما نريد من مواد نافعة . والقضاء على الفراشات يعنى إغلاق هذا السبيل .

إن المحافظة على البيئة هى إذن شىء ضرورى . ويفضل أن يكون ذلك بتجنيب مساحات كبيرة من الغابات كاحتياطى وراثى . وهذا سيثير المشاكل مع أصحاب الأرض وشركات الأخشاب ، كما يثير المشاكل للحكومات التى تودّ بيع منتجات غاباتها بغرض التجارة الخارجية . والحقيقة أن بعض شركات الأخشاب تعيد زراعة الغابات بعد قطعها وتعامل الأرض كمزرعة للأشجار ، وتحاول دفع إنتاج الغابات عن طريق بحوث فى كثافة الزراعة ومعدلات الخف ومقاومة الحشرات والحشائش . ولكن هذا يعنى إعادة خلق غابة مفرغة تفريغا شديدا من أنواع الكائنات الحية ، وهذه الطريقة من الرعاية العلمية للأشجار تعنى أن ننتخب ونستخدم أشجارا عالية المحصول سريعة النمو . وحتى فى السلالات السريعة النمو سنجد أن الدورة ، ما بين الزراعة والحصاد ، تبلغ نحو ستين عاما بالنسبة لشجرة الشربين ، ونحو أربعين عاما بالنسبة لشجرة الصنوبر . وفى محاولات انتخاب أفضل الأشجار وإكثارها لاجنسيا ، اتجه علماء شركة وايرهوسر أيضا إلى زراعة الأنسجة ونسْخ خلايا الأشجار . والتقدم حتى الآن محدود ، ولو أن هناك الآن خطوطا نسْخية من بعض سلالات أشجار الأخشاب تنمو فى بقع الاختبار .

وهناك كما ذكرنا مشكلة تنتج عن هذا النوع من الانتخاب والتربية وهى أنه يجعل المزارع أو النباتات أكثر تماثلا من الناحية الوراثية ، ليزداد التشابه فى الكثير من الصفات بين الأشجار فى المنطقة ، ففى داخل الخط النسخى ستكون كل الأشجار متطابقة وراثيا ولو أنها لن تكون متشابهة تماما ، وهذا ما يعنيه مصطلح « الخط النسْخى » فهو يعنى مجموعة من الأفراد المتشابهة وإن كانت الكلمة تستخدم أيضا لتعنى فردا واحدا من مثل هذه المجموعة . والطبيعى أن تتباين عشائر الكائنات الحية . فبداخل أى نوع من الكائنات سنجد أفرادا لها القدرة على مقاومة بعض الأمراض (قل مثلا أحد الأمراض الفطرية) بينما لا تقاومه أفراد أخرى ، ووجود هذا التباين هو الذى يمكن النوع من البقاء ، فاذا ما تفشى المرض ماتت الأفراد الحساسة له لتبقى الأفراد التى تقاومه وتعيد تعمير المناطق التى أفرغت من النباتات الحساسة بالرغم من أن أنواعا أخرى ستحاول استعمارها . واستخدام هذا النوع من برامج التربية يستبعد هذه المرونة الجماعية ، وتصبح العشيرة ككل - قل مثلا قطعة أرض مزروعة بالأذرة - أكثر تعرضا للكائنات الممرضة أو الآفات ، ففى سنة ١٩٧٠ أصابت محصول الذرة فى أمريكا سلالة جديدة من فطر ممرض ، هو هلمنثوسبوريوم مايدس ، لم تكن النباتات المزروعة تقاومه ، وضاع بذلك ١٥٪ من المحصول أى ما قيمته ٥٠٠ - ١٠٠٠ مليون دولار . ولم يمنع تكرر هذه الكارثة الزراعية إلا الاستجابة السريعة لإنتاج سلالات ذرة مقاومة . وسنعود لهذه القضية فيما بعد .

إن ما أستنتجه من كل هذا هو أن أثر أنشطة شركات الأخشاب الكبيرة هو تقليل التباين الوراثى ، الذى يجعل الأنواع أكثر حساسية وتنتج عنه آثار غير محسوبة على توازن الطبيعة . إن قِيم التجارة تتعارض تعارضا مباشرا مع القيم الإيكولوجية .

مكان متسع لحيوانات جديدة

بدأ أثر البيوتكنولوجيا على الزراعة فى الظهور الآن . وقد رأينا كيف يمكن للنباتات الجديدة المعاد تشكيلها أن تغير الزراعة . ومازال هناك أوجه أخرى محتملة للتطور تكمن فيما يمكن أن نجريه على المخلفات الزراعية ، إذ ربما تمكنا من زيادة استخدام الروْث فى توليد الميثان ، ولو أنها عملية لا تقِيم نفسها فى الوقت الحالى ، كما يمكن تخمير المخلفات النباتية . وهناك تغيير محتمل جدا يختص بنوع النباتات التى تزرع ومن يشتريها ، إذ ستحوّل بعض الأراضى لتستخدم فى إنتاج الوقود بدلا من الطعام .

وفى غمرة هذا النشاط ، فإن الأمر يستحق أن نناقش ما نتوقع حدوثه فى حيوانات المزرعة ، إذا عرفنا أن الكثيرين يرغبون فى أن يأتى معظم بروتين غذائهم من المجزر ، أو ، بشكل أدق ، من السوبر ماركت حيث يمكنهم أن ينسوا الطريقة التى تربى بها الحيوانات ثم تُذبح لإطعامنا . فماذا تعنى بحوث الـ د ن ا المطعّم والوراثة التطبيقية فى تشكيل المستقبل فى هذا المضمار ؟

هناك حقيقةٌ أن بعض مواد العلف المصنعة من البكتريا توجد الآن بالفعل فى السوق . وكان بروطين شركة آى . سى . آى هو الأول فى هذا المضمار ، وبالرغم من ارتفاع التكاليف اللازمة لحين البدء فى الإنتاج ، فإننا نتوقع الكثير من مثل هذه المواد . وفى السوق أيضا لقاحات جديدة للعجول والخنازير الصغيرة ، وقد يظهر قريبا هرمون نمو تحقن به الحيوانات ، كما يستمر تطوير مضادات حيوية جديدة وأجسام مضادة نقية للاستخدام البيطرى .

وعلى مستوى آخر أقرب إلى الحيوانات نفسها ، هناك تغيرات فى سبيلها إلى الظهور فى طرقٍ لإنتاج حيوانات جديدة يركز فيها على الإنتاجية لا التغيرات الوراثية الأساسيةً فى الشكل أو التركيب التشريحى . فالتلقيح الاصطناعى قد انتشر الآن فى مزارع الألبان وأصبح السائل المنوى للطلائق سلعة تسوَّق على مستوى العالم . والتطبيق المناظر ـ وهو نقل الأجنة ـ ليس له شهرة التلقيح الاصطناعى . فبعد الحمل بوقت قصير يمكن أخذ الأجنة من البقرة الأم وتجمد لوقف الانقسامات فى الجنين دون إتلافه ، ويمكن أن تخزن الأجنة فى حالتها هذه أو أن تباع للمزارعين لإعادة غرسها فى بقرة أخرى تكون قد وصلت للمرحلة الملائمة من دورة الشبق عن طريق الحقن بالهرمونات . وتبلغ قيمة هذه التجارة الآن نحو ٢٥ مليون دولار سنويا ، وهى يتوسع بسرعة . وهذا التكنيك يرفع أساسا معدل تكاثر الأبقار المنسبة ، كما يرفع التلقيح الاصطناعى من معدل تكاثر الطلائق الممتازة . فالطلوقة الممتاز يستطيع أن ينجب ١٠٠٠٠٠ من النسل فى العام . وعلى سبيل المثال سنجد أن ٦٠٪ من ماشية اللبن فى الولايات المتحدة ينتج عن التلقيح الاصطناعى ، ولكن النسبة فى ماشية اللحم تبلغ ٥٪ فقط . أما معدل نقل الأجنة فهو ضعيف بالفعل وقد بلغ نحو ٢٠٠٠٠ حمل فى العام الماضى ، أى بمعدل مولود واحد من كل ١٠٠٠٠ ولادة . ويُقَدَّر أنه فى القريب العاجل سيصبح ١٠٪ من طلائق التربية فى الولايات المتحدة ناتجا عن نقل الأجنة . والتكنيك المستخدم ليس رخيصا ، إذ تبلغ تكاليف الهرمون المستخدم لحفز التبويض الفائق نحو ٢٠٠٠ من الدولارات . وعلى هذا فلا يستخدم نقل الأجنة إلا مع أفضل الأبقار الممتازة التى يمكن بيع نسلها بأسعار مرتفعة .

إن حجم العائد من الاستثمار الأوَّلى فى الحيوان المنسب قد أدى إلى شكل

جديد من الحماية الضرائبية تزكّيه اتحادات صغار المستثمرين . فمن الممكن شراء البقرة الممتازة المنتجة للبويضات بثمن يتراوح بين ٢٠٠٠٠ و ٧٥٠٠٠ دولار ، ومن الممكن أن ننتج منها ١٢ عجلا ممتازا فى العام ، يمكن بيعها فى السوق بسعر يتراوح بين ٢٥٠٠ و ١٠٠٠٠٠ دولار . وتحت قوانين الولايات المتحدة تخصم تكاليف نقل الأجنة ورعاية العجول والتسويق من المبالغ الخاضعة للضريبة ، وهذا - بجانب عدد آخر من الامتيازات والحيل الأخرى - يعنى انخفاضا واضحا فى معدل الضريبة الفعلية على دخول استثمار مرتفعة . وغنى عن القول أنه من المفروض أن تعرف الاتحادات ما تشتريه وتعرف كيف تسوق عجولها . ولكن بعضها لا يعرف ذلك .

ولمقابلة هذا النوع من الطلب أنشىء عدد من الشركات الصغيرة لتسويق أجنة الأبقار . ويشترى مربو الأبقار فى العالم كله ما تنتجه من أجنة لرفع نوعية قطعانهم ، وبسبب التكاليف المرتفعة لا يجرى هذا إلا مع الأبقار المنسبة ، أما إجراؤه فى الأبقار الأقل إنتاجا أو الأغنام أو الخنازير فلا يستحق التكاليف العالية ، ولكن هناك تكنيكات تظهر الآن ستوسع من مجال الاختيار ، إذ يعمل العلماء الآن مثلا فى إعادة زرع زوج من الأجنة التوائم فى الأبقار وفى محاولة إنتاج ثلاثة توائم فى الأغنام كما يجربون رفع عدد التوائم فى البطن فى الخنازير إلى متوسط ١٣ - ٢٥ فردا . وهناك إمكانية أخرى هى تجنيس الأجنة قبل زراعتها وهو أمر قد غدا الآن ممكنا من الناحية التقنية بالنسبة للأجنة ، ويجرب تنفيذه أيضا فى حقل التلقيح الاصطناعى إما عن طريق فصل الحيوانات المنوية الذكرية والأنثية ، أو عن طريق التدخل فى الحالة الفيزيقية للحمل ، بحيث لا يحمل الحيوان إلا أجنة جنس معين .

أما الأمر الأكثر إثارة فهو التمكن من الحصول على خنازير ولدت عن أمهات زرعت بها بويضات أخصبت فى أنبوبة اختبار (أو ما يسمى تقنيا باسم الإخصاب خارج الجسم) ، كما نجح بعض العلماء العاملين قرب كامبريدج فى تفريد خلايا أجنة نامية من الأغنام بحيث يمكن أن تنمى كل خلية لتصبح وحدها جنينا ينمو إلى حيوان بالغ . ويمكن أن ينتج عن الجنين الواحد خمسة أغنام تكون كلها متطابقة وراثيا لأنها جميعا بدأت حياتها كفرد واحد ، وهذا الموضوع مايزال شائكا فى وقتنا الحالى ، ويحتاج إلى معالجة معملية غاية فى الرهافة ، ولكن يبدو أنه قد يصل إلى مرحلة التطبيق التجارى قبل مرور وقت طويل ، فإذا أضفنا إليه التبويض الفائق فإن ذلك سيرفع من إنتاجية تربية الحيوان .

وإذا نظرنا إلى المدى البعيد فقد يصبح فى الإمكان إقحام جينات جديدة فى

خلايا الحيوان فى هذه المرحلة من التطور . فقد شملت تجارب الفئران التى وصفت فى الفصل الأول الحقن الرهيف بالـ د ن ا فى خلايا جنسية حديثة الإخصاب ، وهذا ممكن أيضا بالنسبة لخلايا حيوانات المزرعة . والمشكلة فى الوقت الحالى هى ربط تتابعات محددة من الـ د ن ا بالصفات المطلوبة ، ولكنا سنجد أن صفات مثل إنتاج اللبن يحكمها عدد كبير من الجينات ، الأمر الذى قد يجعل هندسة الإنتاج المرتفع من اللبن غير عملية ، وهذه مشكلة تشابه نقل الجينات فى النبات . أما فى وقتنا الحالى فتستخدم الوراثة التطبيقية فى زيادة إنتاجية الحيوان من خلال الخطوط المعروفة من حيوانات السوق التجارى . وعلينا أن ننتظر لنعرف ما يخبئه المستقبل .

الميكنة

أشرت فى الفصل الأول من هذا الكتاب إلى أن الطرق الحديثة لإنتاج الكينين قد تسبب كارثة اقتصادية لزارعى نبات السنكونا ومن يجمعون قلفه ، وقد رأينا حالاً أن المعرفة البيوتكنولوجية قد تستخدم كقوة اقتصادية ، وأود هنا أن أبين أن هناك بعدا سياسيا واقتصاديا شبيها فى تربية وزراعة الطماطم . فشرب كوب من عصير الطماطم لن يظل أبدا نفس الشىء الذى نعرفه ، لا ولن يكون كذلك كأس الجن مع التونيك .

تُستنبط سلالات جديدة من الطماطم طول الوقت ، وهذا النبات ليس هاما كمحصول فلاحىّ فى بريطانيا ، لأننا لا نستطيع أن ننتجه اقتصاديا فى جونا . ولكنك إذا نظرت فى جدول محاصيل العالم بصفحة ١٥٤ فستجد أن الانتاج العالمى من الطماطم يبلغ نحو ٤٠ مليون طن ، معظمه يصنّع فى شكل عجينة وعصير وصلصة ، وتصنيع الطماطم يشكل تجارة ضخمة فى بعض المناطق من العالم مثل كاليفورنيا ووسط غرب أمريكا . وعلى هذا فهناك اهتمام كبير بالاستخدام الأمثل لكل صفات الطماطم عن طريق التربية والانتخاب . ولقد ذكرت سابقا أنه من الممكن أن تُنمّى طماطم مبكرة من البروتوبلاستات كما أن هذا التكنيك يستخدم الآن بالفعل فى تطوير سلالات جديدة .

ما الذى يوجه تربية النباتات فى اتجاهات بذاتها ؟ لقد حلل هذا السؤال جون فاندرمير ، وهو بيولوجى بجامعة ميتشجان ، وسأعتمد على عمله هنا . يقوم جدله أساسا على أن مربى النباتات قد انضموا إلى جانب من الصراع بين أكبر خمسة من مصنعى الطماطم (ومنهم هاينز وكامبل وليبى) وبين العمال الزراعيين الذين يجمعون الطماطم أو من كانوا يقومون بهذه المهمة . وقد كانت ميكنة الحصاد بهذه المعركة هى العصا التى يستطيع المصنعّون بها أن يضربوا العمال المهجرين .

ولكى تعمل الميكنة فإن الأمر يحتاج إلى سلالات جديدة من الطماطم يمكن أن تنضج متزامنة ، وأن تتحمل القطف بالماكينة والنقل معبأة فى صناديق . وقد وفر مربو النبات هذه السلالات الجديدة ، وهذا هو نوع المشاريع التى يزاولها مربو النبات ، بكل ما ينتج عنها من خسائر للأيدى العاملة من المهجرين ومكاسب لمصنعى الأغذية .

وقد تمت ميكنة محصول الطماطم فى أواخر الستينات وأوائل السبعينات ، وبينما سنجد أن الأمر قد احتاج ثلاثين عاما فى كاليفورنيا للانتقال من جمع ١٪ من محصول القطن بالآلات إلى جمع ٩٥٪ منه آليا ، فإن الأمر لم يستغرق سوى ست سنوات فى حالة الطماطم . ويرجع هذا الاختلاف إلى عاملين هامين ، أولهما قوة اتحاد عمال الزراعة الذى قام بحملة لزيادة الأجور وتحسين الأوضاع تسببت فى الإسراع بالاتجاه إلى الميكنة ، وثانيهما أن العمل البحثى على الطماطم ابتدأ بعد القطن بنحو ثلاثين عاما ، وهى فترة تغيرت خلالها بنية ونظام البحث الأكاديمى . فبحلول نهاية الستينات كنا قد اكتسبنا خبرة واسعة فى طريقة تنظيم برامج البحث الموجه المتعددة الجوانب ، كما أصبح لدى الهيئات الحكومية الاستعداد لتنظيم هذا النوع من البحوث ، ولدى البحاث فى المؤسسات الرغبة فى المشاركة .

تحتاج الميكنة إلى التماثل . إذ تمر الماكينات فى الحقل مرة واحدة ، ولابد إذن أن تنضج ثمار الحقل متزامنة ، وهذا يعنى التماثل فى ازدراع الشتلات وتماثل مقاومة الآفات والحشائش والاستجابة للمخصبات . ولم يكن هذا سهل التحقيق . وقد أظهرت البحوث فى بيوكيمياء النضج أن الرش الآنى للطماطم بمادة كيماوية (هى الأبيثون) تنبه النضج اصطناعيا وبسهولة .

وتصدى اتجاه آخر من البحوث لمشاكل المعاملة الخشنة للثمار ، ولم يكن من الصعب إنتاج طماطم ذات قشرة سميكة . ولكن اتضح أنها تنضج فى شكل غير منتظم على الإطلاق ، كما أنها كانت سريعة التأثر بمرض الذبول أو كانت صغيرة الحجم . وأخيرا تحول المربون إلى شكل جديد ، إلى السلالة طويلة الثمار ، فانتظم بذلك كل شىء ، وإن تبقت مقاييس بيوكيماوية تؤثر فى التجهيز ماتزال فى حاجة إلى الفحص . وقد تسبب تدفق الطماطم السريع من الحقول إلى المصنع فى تغير الميكنة . وأصبح من الضرورى تحسين عملية تصنيع المركزات .

وقد أنجزت هذه المهمة مجاميع دراسية بجانب مستودعات الفكر من بحاث الطماطم ، وكان منهم الكثيرون ممن يعملون كمستشارين من الجامعة ، وتولت بعض الشركات جزءا ، ولكن معظم التمويل أتى من مصادر حكومية .

تزرع الطماطم فى وسط غرب أمريكا فى أراض يمتلكها مجموعة من صغار

وكبار المزارعين ، ويجمع محصولها عمال مهاجرون ، ويتعاقد المزارعون على بيع المحصول مع واحدة من خمس من شركات الأغذية الكبيرة التي تسيطر تقريبا على السوق ، وهى تشترى من المزارع قدرا معلوما من الطماطم يقدّر بناء على المساحة التى سيزرعها ، والتى تقع عادة ما بين ٥ و ٢٠٠ فدان ، وعلى متوسط الإنتاج السابق للأرض . ولدى مصنّعى الأغذية نباتات الطماطم الخاصة بهم ، وهم يسلمونها للمزارعين فى الربيع ، ويقوم وكلاء الشركة بزيارة الأراضى المنزرعة أسبوعيا . ويتم جمع المحصول فى برنامج محدد المواعيد تماما كما يحدث فى محصول البازلاء فى إيست أنجليا ، حيث يُصْدر ممثلو بيردآى ، وهى من شركات يونيلفر ، التعليمات للمزارعين بوقت الحصاد .

أما جمع محصول الطماطم فيقوم به عمال مهجرون يتقاضون أجورا زهيدة ويعيشون فى أوضاع مفزعة ، وفى سنة ١٩٦٩ قام هؤلاء العمال بتكوين لجنة تنظيم عمال الزراعة (ل ت ع ز) التى تفاوضت من أجل عقود أفضل مع المزارعين . ولكن بعد فترة وجيزة ، عجز المزارعون عن دفع رسوم الاتحاد بسبب عدم تمكنهم من الحصول على أسعار أعلى من مصنعى الطماطم . كان عليهم إما أن يتركوا هذا العمل ، أو أن يخفضوا الأجور ، أو أن يلتجئوا إلى الميكنة . كانت ل ت ع ز تقطع رقبتها بيديها .

وعلى هذا غيرت استراتيجيتها إلى أخرى تعتمد على سلسلة من الإضرابات - حدثت فى سنة ١٩٧٨ و ١٩٧٩ و ١٩٨٠ - موجهة ضد المزارعين الذين يبيعون محصولهم لشركتى ليبى وكامبل . وكان من بين المطالب المحورية للإضراب إشراك ل ت ع ز فى مفاوضات إبرام العقود التى تجرى سنويا بين مصانع التعليب وبين المزارعين . وقد وافقت ل ت ع ز على اتجاه الجمع الآلى للطماطم ، ولكنها طلبت برنامجا لإعادة تدريب العمال الذين يفقدون عملهم فى جمع الطماطم .

وكانت بحوث المربين هى الحاسمة فى هذا الصراع المستمر . وقد تساءل فاندرمير إن كان هناك أمام علماء النبات ما يفعلونه فى هذا الوضع غير هذا . وقد صاغ إجابته بأن سأل جامعى الطماطم عما يمكن عمله لتحسين أدائهم . وقيل « فلنتخلص من الانحناء » ، « فلنزرع الطماطم بطريقة أقل كثافة حتى يمكن فحص النبات بشكل أسرع » ، « أوقفوا رش المبيدات (حتى لا يتعرض الأطفال لبقاياها على الأرض) » ، « صمموا حاويات أفضل تتلقى الطماطم المجموعة يدويا » . ثم أعاد صياغة سؤاله إلى : كيف يمكن تحقيق هذه الأهداف دون تقليل فرص العمل المتاحة أو تقليل الأجر ؟ وكانت الاجابة التى حَزَرَها هى فكرة الإقلال من استخدام المبيدات عن طريق تطوير نُظُم مقاومة متكاملة حيث تراقَب

الإصابة الحشرية بدقة ، وتقدِّم بعض المقاومة البيولوجية ضد تكاثرها ، وتستخدَم بعض المبيدات . ومن خلال هذا المشروع ستتحول بعض العمالة من جمع الطماطم إلى مقاومة الآفات بينما يقوم العمال الذين أُعيد تدريبهم بالعمل فى بعض البحوث وفى أنشطة المراقبة . لم تدرَس بعد اقتصاديات هذا المشروع ولكنها لا تبدو غير معقولة .

المهم أن مثل هذه الأفكار يمكن أن تطوَّر بطريقة استراتيجية عن طريق مجاميع من الباحثين ، تماما كما أُنجز البرنامج السابق لتطوير الميكنة ، وقد تعارضه بعض الجهات الصناعية ، كمصنعى المبيدات الحشرية وغيرهم ، ومثل هؤلاء - كما يقول فاندرمير - هم من يلجأ إلى علماء النبات فى طلب المشورة ، وهم من يتوفر لخططهم التمويل الحكومى ، والمشكلة إذن هى تحرير مؤسسة بحثية تستعبدها الشركات الكبرى ، وتعزيز التعضيد لمجموعة مختلفة من القضايا العلمية تتمحور حول هدف هو التشغيل المُرْضى الآمن المضمون ، بدلا من رفت العمال وتعظيم الربح .

وهذه بشكل ما هى المشكلة التى يمثلها خدام العلم المتفانون النشطون بالشركات الرأسمالية ، من أمثال سير جوفرى آلن ، لقد وهبوا الكثير من حياتهم العاملة لاكتشاف الخبرة اللازمة لتوفيق برامج بحثية مركبة من نُظم مختلفة فى أُطر استراتيجية تفرضها الشركات الصناعية . ولا تتطابق مصالح الشركات مع مصالح المجتمع فى زوايا كثيرة ، كما اتضح لنا من موضوع الطماطم ، ولكن التركيب المادى فى مجتمعنا قد جعل معظم العلماء لا يتوقفون أبدا للتفكير فى سبب قبولهم القيام بالمهام التى توكل إليهم . إن إعادة توجيه عملية تحديد الأولويات هى الشىء الذى تقدمه لنا المعرفة المسبقة « للثورة البيوتكنولوجية » ، فهل لدينا الإرادة السياسية لتحقيق ذلك ؟ أم هل سيتطور الوضع بحيث نعتبر مصالح الشركات هى مصالح المجتمع ؟

ولقد طفت هذه القضايا على السطح فى مجالات أخرى ، وعلى سبيل المثال فقد قامت جماعة ضغط راديكالية فى نهاية السبعينات برفع قضية ضد جامعة كاليفورنيا ، مدعية أنها بسماحها بالقيام ببحوث فى ميكنة الحصاد بفرعها فى دافيز - فى قلب وادى نهر سكرانتون - تكون قد انتهكت ميثاقها الذى ينص على أن البحوث يجب أن توجه لمصلحة المجتمع . والواضح أن هذه القضية خاسرة ، على الأقل لأنه من السهل الرد بأن زيادة الربح فى الزراعة شىء بلاشك طيب ، وشىء طيب أيضا أن ننهى العمل فى جمع الطماطم الذى يقصم الظهر . وفى ولاية أوهايو أيضا ، سنجد مؤيدى ل ت ع ز ، فى دعواهم بإعادة تدريب العمال ، وقد

عارضتهم العنصرية السمجة الصارخة : « إن المكسيكيين لا يستحقونها ، ولا يصح أن يكونوا هنا على أى حال » . . . وهلم جرا .

ويمثل هذا النوع من المعارضة ـ إذا أهملنا التهديد المالى الذى اعتُقد أنها ستسببه لأعضاء الكلية والجامعة ـ هناك قضية المساعدة القانونية الريفية لكاليفورنيا . كانت هذه القضية فشلا فاضحا ، ولكنها على الأقل أثارت أمام الجمهور قضية الهدف من إجراء البحوث الزراعية ومن يتأثر بها ، وعما إذا كان من بين مهام الجامعات مهمة توقع النتائج الاجتماعية السيئة التى تنجم عن التغيرات التقنية التى تساهم فى إحداثها .

إننى أعتقد أن هذه مسئولية الجامعات ، بل إنى أعتقد أن عليها أن تقوم بمهمة الاستطلاع وتغيير مجالات البحوث التى تعاقدت على إجرائها . إن الخطر الحقيقى على جامعات التعاقد أو معاهد البحوث هو أن دفاعها عن هذا الموقف سيجعل من الحصول على عقود أبحاث جديدة أمرا متعذرا ، ولا يمكن عرض خيارات أخرى أو التفكير فيها إذا ما أصبحت الجامعات مجرد مقاولين للشركات الصناعية يعملون خارجها ، إن هذا لا يعنى ألاَّ تطبق الأبحاث الجامعية أو الأساسية ، أو ألاَّ يمكن أن تطبق هذه البحوث ، فالعكس هو الصحيح . ولكن أهداف التطبيق يجب ـ لمصلحة المجتمع ـ أن تُناقش وتُفحص على أوسع نطاق .

البذور : المفتاح الجديد للتبعية

إننى لا أظن أن الكثيرين فى العالم النامى يعتبرون البذور من المواد الاستراتيجية . إن القليلين منا فقط هم من يزرعون نباتات المحاصيل ، ولذا تبدو البذور سلعة تافهة تعرض مغلَّفة فى مظاريف بالمحلات التجارية لتباع لمستهلكين من البستانيين النشطين . أما المزارع والفلاح فلهما وجهة نظر أخرى . فالبذرة بالنسبة لهما هى أهم الخطوات فى الدورة السنوية للزراعة والحصاد ، والاستثمار والبيع . أما الأكثر معرفة والتقدميون منهم ، فإنهم يولون اهتماما زائدا لتطور مهنة البذور كصناعة ، وللاتجاهات فى المدى البعيد ـ الذى قد يزيد عن نصف قرن ـ التى تؤثر على أنواع البذور فى السوق وسعرها وأثرها فى الزراعة .

إن ما يحدث فى مهنة البذور شىء ذو أهمية حيوية . إنه يمثل السياق لكل تطورات علم وتكنولوجيا النبات التى نهتم بها فى هذا الفصل . إن البذور هى نقطة البدء فى الكثير من العملية الزراعية . إنها مفتاح السيطرة على الاقتصاديات الزراعية . إنها المدخل لأسواق دولية هائلة إذا ما أمكن إقناع الفلاحين أو إجبارهم على الاعتماد على منتجى البذور التجاريين . كانت البذور تصل أولا فى

مظاريف ، وسيستمر وصولها هكذا بالنسبة للهواة ، ولكنها - إذا استخدمنا الاستعارة - قد أصبحت المظروف الذى يغلف حزمة كاملة من المستحضرات الكيماوية التى تعتمد عليها الزراعة الحديثة . إن البذور وسيلة لفرض التبعية .

إن تطور تربية النبات على المستوى الدولى ، وتثوير الزراعة الحالية ، ونمو قطاع التجارة الزراعية ، كل هذه المواضيع تشكل النسيج التاريخى للوقائع الذى يجب معرفته حتى يصبح معنى بيوتكنولوجيا النبات واضحا . وصناعة نباتات جديدة - أو صناعة المواد النباتية دون نبات - هى فى نهاية المطاف مجرد إعادة تشكيل أنماط التبعية التى تربط المزارعين ومشترى النباتات بشركات التجارة الزراعية .

تمتد جذور ثورة الستينات الخضراء إلى الثلاثينات . ولقد تطلب الأمر نحو ثلاثين سنة لظهور ثورة زراعية . وعلى هذا الأساس فإن الأثر الزراعى لبيوتكنولوجيا النبات لن يغدو واضحا قبل القرن الواحد والعشرين ، ولكن خطى التغير قد تسارعت فى هذه الفترة لتقرب تلك الآثار بهذه الصورة . وفى الثلاثينات ظهرت فى الإنتاج الزراعى أول آثار ثمار علم الوراثة الجديد عندما طبق فى تربية النباتات - إذ ظهرت الذرة الهجين بمحصولها الأوفر لتقيم حزام الأذرة بالولايات المتحدة وتوصله إلى قوته الحالية . وكان لهذا الاتجاه أثره فى العالم بأسره .

فقد عُضدت هذه الأذرة بحماس فى الاتحاد السوفييتى من قِبَل المصلحين الزراعيين الذين أرادوا إقامة « مصانع حبوب » ضخمة كنموذج للإنتاج الاشتراكى المبنى على العلم التطبيقى ، غير أن زراعة الأذرة تحت ظروف الجو الروسية كانت أصعب بكثير . وكان لسقوط هذا الحماس المبكر عند التطبيق أثره فى التشكك فى الوراثة المندلية كعلم تطبيقى ، بينما دخل علم الزراعة السوفييتى فى عهد ليْسنكو فى معارك حول التوجيه السياسى للعلم .

ولد عالِم النبات تروفيم دنيسوفتش ليْسنكو لعائلة ريفية أوكرانية . وقام فى أواخر العشرينات من هذا القرن - باستخدام تدريبه كبستانى وعالِم نبات - بإجراء تجاربه على استخدام تكنيكات مختلفة لتحوير الإنبات فى القمح ، وكان هدفه هو التمكن من زراعة القمح الشتوى فى الربيع عندما يكون الجو أقل قسوة لينضج - بالرغم من ذلك - مبكرا . وقد قاده النجاح الظاهر لهذا التكنيك إلى الإدعاء بأن وسيلته تفتح طريقا يمكن من إنتاج سلالات جديدة بسرعة ، دون الالتجاء لبرامج التربية الطويلة أو لعلم المعامل الذى يقول الوراثيون بضرورته . وتحت الضغوط الهائلة للحملة الستالينية من أجل التصنيع والتى يشكل الإنتاج الزراعى

فيها عنصرا حساسا ، فقد أثارت ادعاءات ليْسنكو فى تزكية نظرياته وهجومه على الـوراثة المندلية باعتبارها عديمة الجدوى ورجعية ومتناقضة مع نفسها ، أثارت عاصفة سياسية عارمة . وعلى أواخر الثلاثينات كان ليْسنكو ومؤيدوه قد تمكنوا من الهيمنة على المندليين . وبحلول عام ١٩٤٨ كان ليْسنكو من القوة بحيث حذفت المنـدلية بالفعـل من البيولـوجيا السـوفييتية ، الشىء الـذى روع البيولـوجيين الأوروبيين والأمـريكيين الـذين وجـدوا فوائد متزايدة فى الوراثة المندلية والذين اعتبروا آراء ليْسنكو مجرد هراء . وبالرغم من أن هذا التحريم لم يستمر سوى بضع سنين إلى أن فُضحت نظريات ليسنكـو ، إلا أنـه تسبب فى تأخر علم الوراثة الأساسية والتطبيقية فى الاتحاد السوفييتى لفترة طويلة .

وكان لنجاح برامج تربية النبات الموجهة فى أمريكا تأثيرها على المؤسسات ، فقد أنشأت مؤسسة روكفلر فى أوائل الأربعينات مركزا للعمل على القمح والذرة فى المكسيك . وقـد أصبح هذا المركز (م م ت ق ذ) من أشهر المراكز العالمية لتحسين القمح والذرة . ومن الخطأ أن نعتبر إنشاء هذا المركز عملا إنسانيا غير مُغرض ، ولو أن « الغرض » الاستراتيجى وراءه ليس واضحا ، فربما كان من نتائج مشاريع الرى الكبيرة بالمكسيك فى الثلاثينات ، وربما زَينت العمالة الزائدة هناك الموقع لتجعله مغريا لتربية النبات ، وهى نشاط يحتاج لعمالة مكثفة ، كما قد يكون السبب هو القرب من سلالات الحبوب التقليدية التى تستخدَم فى الزراعة التقليدية . وهناك سبب أكثر معقولية ومعنوية وهو أن صانعى السياسة الخارجية بأمـريكـا فى الأربعينات أدركوا الأهمية الاستراتيجية للمكسيك كدولة لها حدود مشتركة مع الولايات المتحدة تحتاج إلى التحديث دون ثورات ، وإلى أن تُربط فى تنـاغم بالاقتصاد الأمريكى بعد الحرب . أما التبرير الرسمى فيقول إن هنرى والاس ـ الزراعى الأمريكى التقدمى ـ قد أقنع المؤسسة أن تصنع شيئا من أجل الجوع فى العالم .

تقدَّم برنامج م م ت ق ذ ليصبح نموذجا لما يمكن أن تفعله الإنسانية أو البحوث المموّلة حكوميا فى تحديث الزراعة فى الدول النامية غير المستقرة سياسيا ، حيث يمكن أن يتسبب نقص الغذاء أو الأرض فى توترات سياسية لا تُحتمل ولا يمكن السيطرة عليها ، وفوق كل هذا فإنه يمثل إصلاحا اجتماعيا « مروَّضا » من خلال تغيير استراتيجى تقنى ، هو البصمة المميزة لإنسانية روكفلر . ومع القاعدة الـزراعية الأكثـر « كفـاءة » يأتى الاستقـرار السياسى وتأتى الزيادة فى التجارة الدولية ، لاسيما ـ وكما حدث ـ فى منتجات مثل المخصبات والمبيدات وطلمبات الرى والآلات الزراعية والوقود ، وهى المنتجات اللازمة لتسيير الزراعة الحديثة ولتحقيق المحصول المفروض من النباتات الجديدة .

وتلت مبادرة روكفلر مبادرات من مؤسسات أخرى مثل مؤسسة فورد التى ساهمت فى إنشاء معهد أبحاث الأرز الدولى ، وكمؤسسة كيلوج . وبتزايد التكاليف ، تحول تمويل محطات تربية النبات والأنشطة المرتبطة إلى الحكومات القومية والوكالات الدولية مثل البنك الدولى ومنظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة .

وبحلول منتصف الستينات ظهرت سلالات جديدة من القمح والأذرة ، سلالات يمكن أن تنتج زيادات هائلة تحت الظروف المواتية ، تبلغ خمسة أو عشرة أضعاف المحصول . وأنفقت كميات ضخمة من أموال المساعدات لمعاونة فقراء الفلاحين ، بل والدول الفقيرة نفسها فى الواقع ، لشراء ما يلزم من البذور والمخصبات والمبيدات والوقود . وتزايدت بشكل خطير المساحات المنزرعة من هذه السلالات الوفيرة الغلة كما يظهر من هذا الجدول :

	١٩٦٥	١٩٧٣
القمح بالهكتار (المكسيك والهند وتركيا وباكستان)	١٠٠٠٠	١٧٠٠٠٠٠٠
الأرز بالهكتار (تايوان والفلبين وسرى لانكا والهند)	٤٩٠٠٠	١٦٠٠٠٠٠٠

وكانت الآثار الاقتصادية الإيجابية لهذا الانتشار السريع للسلالات الجديدة ضخمة ، فقد تضاعفت غلة تركيا من الحبوب منذ سنة ١٩٧٠ لتصل إلى ١٨ مليون طن سنويا ، غير أن الاقتصاد التركى يعتمد بشكل كبير على القروض الدولية ، كما يعمل الآلاف من الأتراك خارج بلادهم . أما فى المكسيك فقد قفز إنتاج الفدان من القمح من ١٢ بوشلا إلى ٥٠ بوشلا ، ولكن الاقتصاد المكسيكى يعانى من أزمة مستمرة وديونه تشكل « مشكلة » مستمرة للبنوك الدولية . أما بالنسبة لإنتاج الحبوب فى آسيا فقد ساهمت السلالات عالية الإنتاج حتى موسم ٧٢ - ١٩٧٣ بما قيمته بليون دولار سنويا .

وكما نتوقع ، سنجد مؤيدى الثورة الخضراء يؤكدون دائما على مثل هذه المكاسب ، ولو أنهم قد أجبروا منذ السبعينات على أن يسلموا بأن الحاجة إلى الكميات الضخمة من المخصبات وغيرها من الكيماويات اللازمة لإنتاج الغلة العالية ، تمثل صدعا اقتصاديا خطيرا فى استراتيجية الثورة الخضراء ، وبأننا لا يمكن أن نتجاهل آثارها الاجتماعية والزراعية المؤسفة .

تتطلب السلالات الجديدة زيادة رأس المال اللازم للزراعة وزيادة العمالة المأجورة . فزراعة الكثير من السلالات الجديدة تحتاج لأرض مروية ، وللماء وللمبيدات الحشرية والوقود ، وشراء هذه المستلزمات يحتاج المال ، أو القروض ، إما من البنوك أو من الحكومة . ويستطيع كبار المزارعين فى العالم الثالث جمع الموارد مما يسمح لهم بركوب المخاطرة . أما الأغلبية العظمى من المزارعين ذوى الدخل المحدود فلا تستطيع مواجهة منافسة كبار المنتجين ، وبذا يتحولون إلى عمال مأجورين بلا أرض ، أو يهاجرون إلى المدينة . أما من يتبقى منهم فى الريف فهم يساومون دائما لزيادة أجورهم ، وهذا بدوره يشجع الاتجاه إلى الميكنة .

ولابد أنه كان معروفا منذا البداية أن هذا هو ما سيئول إليه الأمر ، بل لقد رأى بعض مهندسى الثورة الخضراء أنه علامة صحية ، إذ سيفرض نظام السوق نفسَه ليحس به صغار المنتجين الذين تعودوا المقايضة وألفوا الالتزامات الإقطاعية وأنماط التعاون والتبادل التقليدية والرمزية . أما ما يبدو أنهم لم يتوقعوه فهو أن ما توفره الحكومة لهؤلاء المزارعين من دعم ومن تسهيلات ائتمانية ، يعطيها سلاحاً مؤثراً جدا للسيطرة الاقتصادية والسياسية والاجتماعية . إن التحكم الذى تمارسه سلطات الحكم المحلى على مستوى القرية فى تقديم القروض للفلاحين يحدد مَن يستفيد من الزراعة الحديثة ، إن كان هناك من يستفيد منها على الإطلاق .

إن السلالات الجديدة ـ بلغة الزراعة ـ هى خُرْج ملىء بأشياء متباينة تماما ، فقد ازداد المحصول فى بعض الحالات زيادة كبيرة جدا عندما توفرت المدخَلات الصحيحة من الكيماويات والعمالة الكافية وظروف التربة والجو الملائمة والتى تُناظر مثيلاتها فى المنطقة التى طُورت فيها السلالات الجديدة . وفى حالات أخرى كان المحصول أقل مما تدعيه شركات البذور . كما جذبت المحاصيل الجديدة فى بعض الأحيان آفات جديدة ، مثل الجراد الذى يهلك محصول الأرز فى باكستان . ونركز بالذات على أنه قد ثبت أن بعض هذه السلالات أقل مقاومة للأمراض النباتية الشائعة ، وبسبب اتساع المساحات المزروعة بهذه السلالات فقد كان أثر هذه الأمراض أكبر بكثير .

وبتزايد الحماس الأولّى للسلالات الجديدة أهملت السلالات الزراعية التقليدية ولم تعد بزورها تُجمع . وبذا تختفى بالتدريج السلالات المحلية الراسخة التى يمكن منها تربية نباتات جديدة ، والتى يمكن الالتجاء إليها إذا ما حدث وفشلت السلالات الجديدة فى تقديم تحسين معنوى ، أضف إلى هذا أن هذه السلالات الجديدة فى مجموعها تصبح أكثر قابلية للإصابة بالآفات والأمراض بسبب زيادة التماثل الوراثى فيها ، كما أن الكثير منها قد صُمم ليلائم نظما مختلفة من الزراعة ، لا تسمح بالتحميل ، نقصد زراعة محصول بين سطور محصول

آخر ، فهناك من المزارعين من يزرع الخضراوات بين نباتات محاصيل الحبوب ، فيستبقون الخضراوات للاستعمال الشخصى ويبيعون الحبوب للربح . واستخدام السلالات العالية المحصول يستحيل معه إجراء هذا ونخسر به مصدرا غذائيا هاما .

وهناك وجهة نظر تقول إن كل هذه آثار جانبية ونتائج غير مقصودة لتحديث الزراعة ، والمقصود أنه من الممكن التغلب عليها ، وأن الإدارة المستنيرة تستطيع أن تخفف من مشاكل الحفاظ على السلالات التقليدية وأن تسهل الحصول على القروض على نطاق أوسع ، وأن تركز أبحاثا أكثر على الخضراوات الاستوائية .

وسنجد وجهة نظر أخرى تقول إن « التحديث » الذى نُظِّمت حوله الثورة الخضراء قد قُصد به تنبيه التجارة العالمية لوسائل استغلال الدول النامية ، ومن هذه النظرة سنجد أن الإنسانية التى ابتُدىء بها هى مجرد تحرك لكشف الإمكانات الاقتصادية للاستثمار فى تحسين النبات ، فمن خلال تمويل زراعة الفلاحين يتزايد الطلب على السلع الرأسمالية الزراعية . وقد قدمت القروض الدولية للبلاد النامية التى ينقصها المال لشراء الأسمدة والبزور على أن تسدَّد عندما يتحسن الوضع الاقتصادى . ولكن بزيادة أسعار المخصبات والمبيدات والوقود فى أوائل السبعينات وجدت الدول النامية نفسها وقد ارتبطت بنظُم زراعية لا تستطيع تحملها طويلا . وللمحافظة على إنتاج الغذاء فقد أغريت بعض الدول أو أجبرت على التفاوض للحصول على قروض تنمية جديدة للاستمرار فى شراء ما يحتاجه مزارعوها من المستلزمات .

فالثورة الخضراء من وجهة النظر هذه كانت وسيلة لتقوية التبعية الاقتصادية عن طريق خلق الحاجة للبزور الجديدة ، وسيلة ربما لم تكن مقصودة فى بادى الأمر ولكنها أصبحت الآن بالتأكيد أمرا مسلما به . وبعد هذه المرحلة الأولى من الثورة الخضراء ، شهدت المرحلة الثانية دخول شركات البترول متعددة الجنسية وشركات الكيماويات والأدوية فى مجال صناعة البزور بعد أن أصبحت الأسواق الآن عالمية ، وبعد أن شجع تعديل تشريعات حقوق الامتياز فُرص السيطرة على الأسواق .

ويعتبر صدور دليل بالتوقعات التقنية والتجارية لمن يريد الاستثمار وبسعر خرافى ، إشارةً واضحة لوجود نشاط استثمارى خطير فى هذا المجال الصناعى . ففى سنة ١٩٧٨ قامت إحدى المؤسسات الاستشارية الأمريكية - مؤسسة ل . و . تيولز وشركاه - بعرض تقريرها **دراسة البزور العالمية** للبيع بسعر بلغ ٢٥٠٠٠ دولار للنسخة الواحدة . وقد كتب المؤلف فى خطابه للمشترين المتوقعين

يقول ما اقتبسه بات مونى فى كتابه عن الاقتصاد السياسى للبزور : « فى السنين العشر الأخيرة أدمجت ثلاثون على الأقل من شركات البزور ، كل تزيد مبيعاتها على خمسة ملايين دولار ، فى مؤسسات تجارية كبيرة متعددة الجنسية من خارج مجال البزور وما زالت المفاوضات دائرة لضم إحدى عشر شركة أخرى » . وقد اعتبر مونى أن هذا التقدير أقل من الحقيقة ، وأورد دليلا هو شركة رانك هوفز ماكدوجال التى اشترت فى أسبوع واحد ٤٨ شركة ، بعد أن أضفت التعديلات التشريعية الحماية على السلالات الجديدة بالنسبة لحق الاختراع ورسوم الملكية ، أو ما يسمى بحقوق « مربى النباتات » . وبعد الموافقة على قانون حماية سلالات النبات سنة ١٩٧٠ بالولايات المتحدة الذى مد حماية البراءة بشكل واسع ليشمل النباتات ذات التكاثر الجنسى ، خصصت الجمعية الأمريكية لتجارة البزور نصف اجتماعاتها السنوية لندوة خاصة أطلق عليها « كيف تبيع شركتك للبزور » .

وقد جادل مونى وآخرون بأن هذه الموجة الرهيبة للدمج التى تقوم فيها أكبر الشركات العالمية مثل آى . تى . تى ، ورويال دطش شل ، وساندوز وسيبا - جايجى ويونيون كاربايد ، بشراء مؤسسات البزور الصغيرة والكبيرة ، هذه الموجة قد عضدها التوسع الكبير فى إمكانية توثيق حق الاختراع للسلالات الجديدة فى الستينات والسبعينات . أما التشريع الموازى فى أوربا فقد أجيز قبل أمريكا بنحو عشر سنوات . وقد بدأ توثيق النباتات فى أمريكا بعد صدور قانون براءات النباتات سنة ١٩٣٠ الذى شمل التكاثر الخضرى اللاجنسى للسلالات النباتية ، والتى يمكن للمنافسين انتحالها عن طريق عقلة لا أكثر . وقد ثار جدل كبير بعد ذلك بين منتجى البذور وأصول التطعيم النباتية الذين طالبوا بحماية البراءات لهم كضرورة تجارية وكحافز للإبداع ، وبين مستهلكى البزور ، وهم من الفلاحين عادة ، وإن كان منهم أحيانا شركات للأغذية ، الذين يرون أن هذه البراءات ستتسبب فى رفع الأسعار كما سيكون لها نتائج سيئة على تربية النبات وعلى الحفاظ على الموارد الوراثية . وبذا فقد كان مصنعو الحساء - مثل هاينز وكامبل - من بين جماعات الضغط المؤثرة لتعديل قانون براءات النبات فى سنة ١٩٧٠ ، وقد تمكنوا من تعديل القانون ، ولم يعد من المستطاع توثيق السلالات الجديدة من الطماطم والكرفس والجزر والخيار والبامياء والفلفل . ولكن الوضع تغير مرة أخرى سنة ١٩٨٠ ، عندما رفع هذا القيد .

كان الوضع فى أوروبا شبيها بهذا ، ولو أنه كان يرتبط بتشريع يتطلب تسجيل السلالات الجديدة التى تحقق مواصفاتها التجارية والتى تتفوق على

السلالات الموجودة ، كما لا يسمح بزراعة السلالات غير المسجلة بهذه الطريقة . وقد تسبب هذا التشريع فى تعويق ظهور سلالات بزور جديدة من ناحية ، كما قلل من ناحية أخـرى وبشكـل خطير عدد السـلالات المـزروعـة ، وسمـح للمؤسسـات القـوية التى لديهـا من الموارد ما يسمح بتوثيق منتجاتها تحت هذا النظام ، بالسيطرة على سوق البزور . وبدت صورة يهيمن فيها عدد صغير من المؤسسات المتعددة الجنسية على مبيعات ستة محاصيل رئيسية على الأقل . وتحت هذه الخلفية ذكرَت منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة سنة ١٩٨٠ :

« الحقيقـة أن الـتركيـز المتزايد على تربية النبات بالقطاع الخاص قد تسبب بالفعل فى بعض الآثار السلبية ، يمكن أن نذكر منها على سبيل المثال التكاليف المتزايدة لبرامج التطوير المرتبطة بزيادة أسعار البزور والمدخلات المتعلقة بها ، واستخدام تكنيكات تسويق غير ملائمة فى الدول النامية تسببت فى اختلال توازن واضح للمدخلات الزراعية وأدت إلى التركيز على الأراضى الزراعية الممتازة المنتجة للغذاء التى تمتلكها شركات متعددة الجنسية ، بغرض التسويق الخارجى .

ولأن المادة الوراثية لمعظم المحاصيل الزراعية الهامة فى العالم قد نشأت فى الدول النامية ، بينما تجرى فى الدول المتقدمة معظم عمليات تربية النبات ، لاسيما ذلك الإنتاج المتطور للسلالات الجديدة الذى يقوم به القطاع الخاص ، فقد طُلب من عدد متزايد من الدول النامية أن تدفع رسوماً على السلالات التى أُخِذت مادتها الوراثية من داخل حدودها » .

أما بالنسبة للاتجاه الحالى فى حرفة البزور أو « صناعة الموارد الوراثية » ـ وهو تعبير شجعت استعماله مؤسسة استشارية ـ فهناك من النقاد من أشار إلى توقف التبادل الحـر للآراء ومـادة الـتربية . وقـد ذكـر جارى فاولـر ، ممثل الصندوق القومى للمستـأجرين الزراعيين فى لجنة استماع من أجل تعديل قانون حماية السلالات النباتية فى سنة ١٩٨٠ أنه :

« منذ سنة ١٩٧٢ لم ينشر مُرَبٍّ واحد فى حرفة الزراعة مواصفات أو تكنيـك برامـج التربية الخاصة بسلالاته الجديدة فى باب السلالات الـزراعيـة والمـادة الوراثية ، الذى تنشره مجلة علم الفلاحة . وهذه المجلة هى أشهر المنافذ لنشر مثل هذه البيانات بين مربى الجامعات والحكومة » .

الموطن الأصلى لأهم المحاصيل

١ ـ **شمال أمريكا** : عباد الشمس ، الفاصوليا ، الفراولة .

٢ ـ **أواسط أمريكا** : الأذرة الشامية ، الطماطم ، فاصوليا سيفا ، الفاصوليا الأسبانى ، القطن ، الزبدية ، البابا ظ ، (الكاسافا) ، (البطاطا) ، (الفول) .

٣ ـ **مرتفعات أمريكا الجنوبية** : البطاطس ، الفول السودانى ، فاصوليا ليما ، (الفول) ، (القطن) .

٤ ـ **سهول أمريكا الجنوبية** : اليام ، الأناناس ، (الكاسافا) ، (البطاطا) ، (القطن) ، الطماطم ، الطباق ، الكاكاو ، المطاط ، الفلفل الأحمر ، الكينين .

٥ ـ **أوروبا** : الشوفان ، بنجر السكر ،الكرنب ، (العنب) ، (الزيتون) ، الحشائش ، البرسيم ، حشيشة الدينار ، الخس ، الترمس ، الخردل .

٦ ـ **أفريقيا** : الأرز الأفريقى ، الأذرة ، الدخن ، اليام ، البطيخ ، اللوبيا ، البن ، الحشائش ، القمح ، الشعير ، نخيل الزيت ، الخروع .

٧ ـ **الشرق الأدنى** : القمح ، الشعير ، البصل ، البسلة ، العدس ، الحمص ، التين ، البلح ، الكتان ، الكمثرى ، الرمان ، (العنب) ، (الزيتون) ، التفاح ؟ ، الجويدار .

٨ ـ **وسط آسيا** : الذرة الرفيعة ، الحنطة السوداء ، الألفا ألفا ، القنب (الدخن الإيطالى) ، (العنب) ، الفول ، الجزر .

٩ ـ **الهند** : البسلة الهندى ، الباذنجان ، (القطن) ، (السمسم) ، قصب السكر ، المانجوه .

١٠ـ **الصين** : فول الصويا ، الكرنب ، البصل ، المشمش ، (الدخن الإيطالى) .

١١ـ **جنوب شرق آسيا** : الأرز الشرقى ، الموز ، الموالح ، اليام ، قصب السكر الرفيع ، التارو ، الشاى ، التوابل .

١٢ـ **جنوب الباسيفيك** : قصب السكر ، جوز الهند ، شجرة الخبز .

وهناك دليل واضح آخر حدث فى خريف ١٩٨٢ يبين كيف يمكن للسلوك التجارى التهجمى ـ الذى يلائم توثيق البراءات ـ أن يغلق طريق التواصل بين العلماء . ففى أبريل ١٩٨٢ أصدر المكتب الأمريكى للبراءات والعلامات التجارية براءة لتكنيك للتعجيل بتكوين السلالات النباتية الهجينة الجديدة ، وللإنتاج التجارى السريع للبذور من هذه الهجن . وقد مُنحت البراءة رقم ٤٣٢٦٣٥٨ لمؤسسة البزور الأمريكية أجريجنتكس ، بدنفر ـ كلورادو ، التى حُولت إلى شركة يبلغ حجم مبيعاتها ١٠٠ مليون دولار عن طريق ضم العديد من شركات البزور الصغيرة على يد مديرها دافيد بادوا . وقد تحولت شركة أجريجنتكس هذه إلى مجال بيوتكنولوجيا النبات ، وهى تدفع الآن رواتب للعديد من كبار الأكاديميين الذين يعملون بها كمستشارين .

فاجأت هذه البراءة مربى النبات فى بريطانيا ، ذلك أنهم يرون أن هذا التكنيك معروف جيدا ، وهو أيضا كثير الاستخدام ، فإذا ما ثُبِّتت هذه البراءة ، بعد اعتراضات إجرائية غير مباشرة ودعاوى قضائية محتملة ، فمعنى هذا أنه يصبح على مربى النباتات أن يدفعوا الرسوم لشركة أجريجنتكس إذا أرادوا إكثار هجنهم بهذه الطريقة . وقد أعلن هذه الآراء الغاضبة على الملأبروفسور نيل إنز ، عضو محطة بحوث الخضر القومية ببريطانيا ، فى خطاب له نشر بمجلة نيتشر فى أغسطس ١٩٨٢ ، وقد وثق دعواه بأن الكثير من عناصر هذا النظام كانت معروفة من سنين وأن المقوِّم المميز لهذا النظام ـ وهو الإكثار الدقيق للنباتات المنتَجة عن طريق زراعة الخلايا ـ قد نوقش فى المراجع التقنية فى عام ١٩٧٨ . وبناء على ذلك طلب بروفسورإنز من المكتب الأمريكى للبراءات والعلامات التجارية أن يعيد فحص الطلب وأن يسحب البراءة على أساس أنهم قد تجاهلوا اعتماده على آراء منشورة بالفعل ، فلقد كان فى الحق شيئا « معروفا » لا يختلف عما يسميه قانون البراءات « بالمهارة السابقة » . وما يزال تحت الفحص الآن براءة ثانية لشركة أجريجنتكس على تطبيق هذا التكنيك على نوع معين .

إن الإحساس بالغضب من خطوة أجريجنتكس هذه ظاهر تماما فى خطاب إنز ، فالواضح أنه قد شعر بأن إحدى الشركات التجارية قد انتزعت لنفسها باستفزاز ووقاحة تكنيكا أساسيا . إنها قضية تذكرنا ببراءة كوهين ـ بوير والنزاع الذى ثار حول توثيق الأجسام المضادة النقية ، فيما عدا أن المؤسسة التى تطلب حقوق الملكية على التكنيك الأساسى فى هذه الواقعة كانت شركة تجارية وليست جامعة . وسيكون من المثير أن نعرف كيف سيتطور الصراع ، وما إذا كان أى من كبار منتجى البزور سيتدخل فى القضية ضد أجريجنتكس . إذ ربما قبلوا هذه الواقعة كسابقة يمكنهم استغلالها فى المستقبل .

لـم تحسـم القضية بعـد

إننى أعتقد أننا نعيش مرحلة حرجة فى تاريخ الزراعة ، فالقرارات التى ستُتخذ الآن سيكون لها أثر كبير على شكل الزراعة وطبيعتها وإنتاجها للآلاف من السنين . إن الإجراءات التى تتخذ الآن ، مثل تحطيم الغابات الاستوائية المَطَرِيَّة ، قد تكون لها آثار مدمرة على سعر الغذاء ووفرته بعد عشرين أو ثلاثين عاما . إن اختفاء النطاق العريض للأنواع البرية الذى نستطيع من داخله أن ننتخب مادة التربية الجديدة ، سيتسبب فى هزيمة مربى النبات فى الصراع الدائم لاستبقاء النباتات على مستوياتها الحالية العالية من الإنتاج وتعزيز مقاومتها للآفات والأمراض .

ولا عجب أن تفطن بعض المنظمات التجارية لهذا ، لتبتدى فى الاشتراك فى برامج دولية للمحافظة على مصادر الجينات . وقد قدمت شركة بيونير هاى بريد ، وهى واحدة من أكبر شركات البزور فى العالم المهتمة بالقمح والأذرة ، قدمت دعما ماليا لأحد برامج الحفاظ على الجينات ـ نقصد برنامج جمع الأنواع ـ الذى تقوم به م م ت ق ذ فى المكسيك . ويقدر أن لدى شركة الأغذية المتحدة (شركة الفاكهة المتحدة سابقا) الآن فى مجموعتها الخاصة ثلاثة أرباع أنواع الموز الموجودة فى العالم . ويشكل هذا تميزا هائلا لها على الشركات المنافسة .

وفى نفس الوقت تعمل بعض المنظمات الدولية التى تمولها الأمم المتحدة فى جمع البزور والنباتات ، وتخزن الآن بضعة آلاف من الأنواع بهذه الطريقة ، ولو أن الواضح أن معدل التجميع لن يلاحق معدل اختفاء الأنواع الذى يحدث بسبب تحطيم الغابات من أجل الأخشاب والزراعة ، وبسبب التمدن والاتجاه إلى استخدام السلالات الجديدة وإهمال السلالات التقليدية والاتجاه إلى زراعة المحصول الواحد .

وحتى لو خُصص ما يكفى من الموارد لوقف آثار « التآكل الوراثى » ، فستبقى مشكلة الحصول على المادة الموجودة فى بنوك الجينات النباتية واستخدامها ، ليس فقط بسبب استهلاك « بزور العالم المحفوظة » ـ وأنا استعمل التعبير مجازا ـ ولكن لأن النسبة الأكبر مما سيتبقى منها ستستخدمه المنظمات القومية للدول المتقدمة وشركاتها . إن مكانة هذه المنظمات والشركات ـ كمبتكِرة ومسوِّقة للسلالات الجديدة ـ تحميها فى الكثير من الدول تشريعات تضفى عليها حصانة تشبه حصانة البراءات لأصحاب الأنواع الجديدة . وقد جادل معارضو مثل هذه التشريعات فى أمريكا وكندا وبريطانيا واستراليا بأن أثرها سيكون هو تركيز السلطة فى أيدى كبار المنتجين الذين يستطيعون تحويل أسواق نباتات معينة إلى دائرة

احتكار يسيطر عليها قلة من أنصاف المتنافسين . أما مؤيدو هذه التشريعات - ومن بينهم جماعة الضغط (أسِّنْسيل) لمربى النبات التجاريين - فيدعون أن التشريع يشجع الابتكار . وقد تسبب كتاب مونى **بذور الأرض : مورد عام أم خاص ؟** فى انزعاج جماعة أسِّنسيل ، حتى لقد نقدت هذا الكتاب سطرا سطرا، وأرسلت النقد لأعضائها . وعندما أرسلتُ إلى أسنسيل أطلب نسخة ، أُهمل طلبى ، وأُرسل لى بدلا منها نشرتهم الدعائية النموذجية ، وهى نشرة مفصلة بالنسبة لمادة الدعاية ، ومختصرة بالنسبة لتحليل القضايا التى أثارها مونى .

الموقف الراهن إذن هو أن دول العالم الثالث قد وجدت أنفسها فى وضع تَشترى فيه نباتات استنبطت من مواردها المحلية ، وتحميها تشريعات السلالات . ويبدو لى أنه من المستبعد أن تستطيع هذه الدول يوما أن تنشىء اتحادا لمصدرى الجينات ، كما أنشىء الأوبيك من الدول المصدرة للبترول ، ولكن ، لابد أن نجد طريقا لكسر تبعية هذه الدول « لصناعة الموارد الوراثية » ولتقييم - لاسلب - الأصول النباتية التى لديهم تقييما صحيحا .

هذه هى خلفية بيوتكنولوجيا النبات . إنها جزء من صراع القوة بين مربى النبات ومستعمليه ، صراع جُندت فيه البيوتكنولوجيا إما لتعزيز سيطرة منتجى البزور الصناعيين على المستهلكين الزراعيين ، أو للإبقاء على السعر المنخفض للنباتات المحلية فى بعض الدول النامية ، لقد ابتكِرت التقنيات الحديثة للمعالجة اليدوية لجينات النبات لخدمة هذه العملية ، لتترك ميزان القوى دون تغيير . وربما كانت النتيجة الإجمالية غذاءً أكثر ، ولكن ذلك - على المدى الطويل - سيكون على حساب المخاطر الهائلة فى تناقص عدد الأنواع ، وعلى حساب اختلال رهيب فى توزيع الغذاء بالعالم . إنه مثال صارخ للسؤال الأساسى للبيوتكنولوجيا : من سيضع الأولويات ، ومن سيمتلك المعرفة ؟

٦ الطريق الى المستقبل :
الكيماويات والطاقـة

الترشيد

إذا ما شاهدت صورا فوتوغرافية التقطت بعناية لمصانع كيماويات جديدة فإنك لن تتخيل أبدا أن لها رائحة كريهة . إلا إذا كنت سيء الحظ وسكنتَ بجوار أحدها ، لا ولن يخطر ببالك فورا أن المصنع قد يبلى ويتهدم بل وقد ينفجر . إن تحريك ملايين الأطنان من السوائل والغازات الشديدة التفاعل والحارقة والسامة خلال أميال طويلة من الأنابيب فى درجات حرارة وضغط عالية ، لابد أن يكون أمرا صعبا . وكما نستطيع أن نجعل الصور الفوتوغرافية تحكى قصة غير كاملة ، كذلك نجد أن ما يصدر عن أرفع الصناعات الكيماوية من كلام منمق هو الآخر مضلل ومتفـائل . وفى أيامنا هذه كثيرا مايجتمع كبار المدراء للتحدث عن أزمة صناعاتهم وعن الحاجة إلى « الترشيد » ، وبعض هذه الأحاديث أحاديث شجاعة بلا شك ، صيغت بحذر لتعطى انطباعا قويا بتأكيد المنافسة ولطمأنة المستثمرين ومحللى البورصة بنغمتها الواقعية وتصميمها على البقاء .

ولكن « الـترشيد » يعنى ـ من بين ما يعنى ـ إغلاق مصانع وفصل عمال وإلغاء تعاقدات وتخفيض أجور وتغييراً فى أساليب العمل ، إنه يعنى حالة مستمرة من الصراع على من سيبقى وماذا سيبقى . إن الصناعة الكيماوية فى العالم كله يمـزقهـا الآن مثل هذا الصراع ، ومثلها بالطبع الكثير من قطاعات الإنتاج ، والأغلب أن يستمر هذا عقداً من الزمان أو أكثر . إن هذا هو السبب فى الاهتمام المتـزايد فى البيوتكنـولـوجيا كطريق للخلاص . إن تصور أن نحتفظ بكل هذه المؤسسات عاملة ، بكل ناقلات البترول هذه جارية على الطرق ، وكل هذا النقد مُتداولاً ، هذا التصور يبدو الآن مرعبا ، وقد تتمكن البيوتكنولوجيا على المدى الطويل من أن تُبقى العرض مستمرا ، وقد تعطينا صناعة كيماوية لامركزية أنظف وأكثر خضوعا لسيطرتنا .

يصعب المغالاة فى تقدير الأهمية الاقتصادية والمالية والسياسية والصناعية لصنـاعـة الكيماويات . فشركـة آى . سى . آى . هى ثالث أكـبر الأجهـزة الـبريطانية فى حجم العـمالة . وعندما خسرت هذه الشركة لأول مرة فى إحدى الميزانيات الـربـع سنوية ، كان الخبر هو أهم الأخبار الداخلية كما كان مصدرا

للقلق فى سوق المال . إن اعتمادات المعاشات وحدها فى هذه الشركة تُعتبر مستثمِرا أساسيا ، ومن الممكن أن يكون لها أثر ضخم على المشاريع الصناعية . ووجود الصناعة الكيماوية فى بعض البلدان يعتبر أمرا من أمور الهيبة القومية ، تماما مثل امتلاك الدولة لخط طيران خاص . وبنفس الشكل ، فإن منتجات الصناعة الكيماوية قد تبدو غير مثيرة ، ولكنها أساسية تماما للحياة المدنية الصناعية كما نعرفها ، فهذه المنتجات تشمل البلاستيك للأحذية ، وأدوات المطبخ ومواد عزل الكابلات والمذيبات كمزيلات طلاء الأظافر وسوائل التنظيف الجاف ، ومواد الطلاء والمواد اللاصقة والألياف الصناعية للملابس ، والملدِّنات ، ومكسبات الطعم ، والمستحضرات الصيدلية ، ومواد التخدير ، والمطهرات . إن المنتجات الصناعية هى رمز الحضارة وهى مادتها .

بلغ معدل النمو السنوى للصناعة الكيماوية فى الخمسينات ببريطانيا وألمانيا الغربية والولايات المتحدة وفرنسا نحو ٢٥ ٪ ، ثم انخفض المعدل فى العقد التالى إلى ١٥ - ٢٠ ٪ ، لينزل فى أوائل الثمانينات إلى نسبة أقل من ذلك بكثير - بل وإلى رقم سالب فى بعض الشركات . وتبلغ قيمة المبيعات العالمية من البتروكيماويات الآن نحو ٦٩٠ بليون دولار ، أما من ناحية النمو والأربحية ومعدل التجديد والأداء التكنولوجى ، فإن قصة الصناعة فى فترة ما بعد الحرب تعتبر قصة نجاح رائع .

هناك أربعة عوامل تدعم هذا النمو ، يتضاءل أثرها الآن جميعا . أولها هو سعر البترول ، فضخامة احتياطى البترول والزيادة الهائلة للإنتاج على الاستهلاك ، وسيطرة الدول المتقدمة المستهلكة للبترول على معظم الدول المنتجة له ، كل هذا قد تسبب فى انخفاض سعر البترول فى معظم فترة ما بعد الحرب انخفاضا كبيرا جدا . ولقد كان أحد « مشتقات » البترول (المسمى « نابثا ») مادةَ البدءِ المفضلة للصناعة الكيماويَّة خلال فترة ما بعد الحرب (وهذا المشتق يمكن أن يقطَّر أو يفصل من زيت البترول الخام) ، وكانت النابثا قبلا تعتبر نفايات يعاد إلقاؤها فى آبار البترول عندما تنضب ، وقد لا نستطيع أن نجد مثلا أبلغ من هذا لتحول أهمية النفايات .

ومنذ بداية السبعينات ، عندما تخلصت الأمم المنتجة للتبرول أخيرا من قبضة المستهلكين وابتدأت فى فرض أسعار مرتفعة لمصدر الطاقة المتوفر لديها ، تغير الوضع بشكل درامى . فقد تزايد سعر البترول ثمانية أضعاف فى الفترة ما بين ١٩٦٠ و ١٩٨٠ . وسنوضح حالاً كيف أثرت هذه الزيادة الهائلة فى السعر فى الصناعة الكيماوية .

أما العامل الثانى الذى سهل نمو هذه الصناعة فكان اقتصاديات الحجم . فتكاليف إنتاج الإثلين ـ وهو أحد الكيماويات الوسطية الهامة ـ تحت ظروف التكنولوجيا الحالية (داخل حدود معينة) تنخفض بشكل واضح بزيادة حجم المصنع المنتج . فزيادة حجم المصنع أكثر وأكثر يرفع من العائد الاقتصادى طالما كان السوق هو الآخر ينمو ، طالما ازدادت مبيعاتنا من المادة الكيماوية أكثر وأكثر .

وقد كان ظهور هذا الاتجاه ـ الذى استمر خلال الستينات والسبعينات ـ يرجع إلى عاملين آخرين هما الاستبدال والتوسع الاقتصادى العام . فقد حلت اللدائن (البلاستيك) والمستحضرات المعتمدة على البتروكيماويات محل نظائرها التقليدية ، وكانت الأجور المرتفعة وزيادة مشتريات الشركات وزيادة الإنفاق العام تعنى الاستمرار فى زيادة الطلب على منتجات الصناعة الكيماوية . وقد توقف الآن أثر هذين العاملين أو أصبحا يعملان بطرق مختلفة ، ليؤثرا تأثيرا عكسيا على الصناعة الكيماوية فى أوروبا الغربية والولايات المتحدة ، وبذا سنجد أن المؤسسات الكبيرة المكثفة الطاقة والتى بُنيت على تصور متفائل لم تعد تدر العائد المجزى الذى تصوره مصمموها المغرورون ، وأصبح حجم التجهيزات المشيدة يفوق بكثير حجم الأسواق البطيئة النمو ، وبذا لا يعطى الأرباح المتوقعة . وقد تفاقم أثر الحجم الفائق ، والإنتاج الزائد عن اللازم ، بسبب التلهف على بيع المنتجات ، كما ساعدت الأعمال الفردية الانتهازية لخفض السعر ، فى وصول أسعار البتروكيماويات إلى مستويات يعلم المدراء الماليون خطورتها وبأنه لا حيلة لديهم فى تغييرها ، أضف إلى ذلك تلك المنافسة المتنامية من الصناعات التى أقامتها الدول التى اتجهت حديثا للتصنيع ، أو من الدول التى ابتدأت مؤخرا فى استخدام احتياطيها من الطاقة استخداما كاملا .

والشىء المثير أنهم يقولون إن عوامل النمو هذه ، كلها ، كانت من المواضيع المسلّم بها من زمن طويل . وهذا شىء غريب . فالمفروض أن صناعة مثل صناعة البتروكيماويات الهائلة المعقدة تكنولوجياً والثرية ستعكف طول الوقت على طقوس التنبؤ والمحاكاة ووضع السيناريو والتنميط الاقتصادى ، بحيث نتوقع أن تتنبأ الشركات مبكرا باحتمال ارتفاع سعر البترول وتناقص العائد وتشبُّع السوق وتدهور الاقتصاد العالمى . ولكن ، ربما كان هذا قد حدث فعلا ، ولكن حجم الصناعة نفسه فى ذاك الوقت قد وقف فى وجه المرونة . وربما لم يعد لعمل العرافات مستقبل .

ويمكن أن يتوافق هذا مع بعض الأنماط المحكمة للتطور الصناعى ، أنماط تُرتب الماضى والحاضر وإن لم توضح المستقبل . ومن بين هذه الأنماط هناك

النظرية الموجية للنمو التى اقترحها أحد المدراء الإداريين بشركة داو الكيماوية بأوروبا . فمنذ الحرب العالمية كانت هناك موجتان للتوسع ، وهناك موجة ثالثة فى طريقها الآن . ففى أوائل الأربعينات ابتدأت شركات الكيماويات ـ بعد أن نبهتها الحرب ـ فى تطوير طرق تكرير جديدة وطرق لتصنيع اللدائن الحرارية بوفرة ، وقد حدث هذا فى المواقع التقليدية حيث أنشئت الشركات ، ولم تكن هذه دائما فى مواقع يسهل الوصول إليها أو يسهل التوزيع منها أو الإنتاج المكثف فيها .

وفى أوائل الستينات ابتدأ ظهور جيل جديد من المؤسسات الكيماوية الكبيرة فى مواقع جديدة ، أقرب إلى الموانىء والطرق السريعة ، وأبعد بعض الشىء عن أماكن السكن فى المدن ، لتخفيف أثر التلوث . أما أماكن المصانع القديمة فقد تحولت إلى إنتاج الكيماويات الخاصة . وقد شهدت هذه المرحلة التحول إلى تكساس ولويزيانا وتينسى فى أمريكا ، وروتردام ومارسيليا وشمال أسبانيا فى أوروبا .

أما الآن فتبتدىء موجة جديدة قريبة من مصادر مواد الحريق الآمنة سياسيا وغير البعيدة عن الأسواق ، فألبرتا فى كندا ، والمكسيك ، وأمريكا الوسطى ، والخليج ، وأندونيسيا ، كلها مواقع يتحرك فيها هذا النوع من الاستثمار الهام ، ولو أن مواقع الموجة الثانية ما تزال لها أهميتها . والعمالة فى بعض هذه المواقع الجديدة رخيصة وغير منظمة ، كما أن الرقابة على البيئة بدائية ، أو متراخية أو غير موجودة ، وكل هذا يعنى ـ من بين ما يعنى ـ أن طريقة تقسيم العالم إلى مناطق للأسواق ستتغير فى العشرين سنة المقبلة ، وبالرغم من ذلك فإننا نتوقع أن تشكل أوروبا أكبر أسواق البتروكيماويات ، وإن كانت أهميتها النسبية مقارنة بالولايات المتحدة أو اليابان ستتناقص .

حدثت حتى الآن إذن موجتان من موجات التطور ، خلقتا أو عززتا وجود عشرين أو ثلاثين مؤسسة متعددة الجنسية ومائة أو أكثر من الشركات الصغيرة وأدارتا مصانع عالية الاستهلاك من الطاقة تعمل طول الوقت فى تطوير التباديل البنيوية للجزيئات الهيدروكربونية لتنتج المواد الأساسية لمجتمع المستهلكين الجديد . وتقع هذه المؤسسات الآن تحت توتر شديد بسبب ارتفاع سعر الطاقة وما يستتبعه من زيادة فى سعر المواد الأولية . وابتدأ بعض مجالس الإدارات يقرر بالفعل إغلاق المصانع والوظائف القديمة فى محاولة للبقاء . وفى مرحلة الانحسار التى يحوم فيها بوضوح شبح الإفلاس تكون مهمة البحوث والتطوير هى مساعدة الشركات على البقاء فى الساحة ، وإيجاد طريق ـ إن أمكن ـ لعمليات أو منتجات أو أسواق جديدة تسمح بإعادة التوسع فى التسعينات أو فى القرن القادم . ولقد

أصبحت الأبحاث الآن أكثر أهمية لاستمرار الشركة كمنتج للكيماويات . ليكن هذا ما يكون ، فلن يستطيع الإنفاق إلاّ الشركة الراسخة . وقد فتح هذا بالفعل الطرق للعاملين فى مهنة بيع التوقعات التقنية وأحدث المعلومات وأفكار البحوث ، فقد تسببت البيوتكنولوجيا فى سيل غزير من الاستطلاعات ونشرات الأخبار العلمية والمؤتمرات التى تكلف الكثير جدا . ومثل هؤلاء هم فى أغلب الأحيان المتحدثون اللبقون لليائسين ، أو قليلو الخبرة ، الذين يبيعون القليل لمن يدفعون الكثير .

كيف إذن تستنزف الطاقةُ العمل ؟ وماذا يمكن عمله حيال ذلك ؟ يوضح الجدول التالى مقدار الطاقة الذى تستهلكه الصناعة الكيماوية فى ثلاث من مناطق الإنتاج فى شكل وقود للوصول إلى درجة الحرارة والضغط المطلوبين ، أو لتوليد البخار ، وأيضا فى شكل مواد بدء . وهو يوضح الاعتماد النسبى على المواد المختلفة وحجم هذا الاعتماد فى صورة طاقة لا فى صورة نقدية . إن استهلاك مواد البدء يبلغ نحو ٩ ٪ من الاستهلاك الكلى للوقود فى الولايات المتحدة ، وربما كان هذا أقل مما نتصور . وفى الشكل المالى يمكن القول بأن الصناعة البريطانية فى سنة ١٩٧٩ قد أنفقت على الطاقة نحو ٨٣٠ مليون جنيه (٦ ٪ من دورة رأس المال) كما أنفقت تقريبا نفس المبلغ (٨٠٠ مليون جنيه) على مواد البدء . فإذا أخذنا فى الاعتبار أنه على الصناعة الكيماوية فى مجموعها ، وحتى لا يتغير وضعها ، أن تجد مبلغا إضافيا يصل إلى نحو ٦٠٠ مليون جنيه سنويا أو أن تخفض فاتورة الطاقة إلى النصف ، لظهر لنا الأثر على العائد بوضوح . أما البديل بأن يتحمل المستهلك التكاليف الزائدة فى وقت يتناقص فيه الطلب على هذه المستحضرات فهو أمر مستحيل . وفى مثل هذا الوضع هناك طريق واضح ، هو محاولة استخدام وقود أقل . وتصمَّم المصانع الكيماوية الآن وهذا العامل موضوع بجلاء فى الاعتبار .

وهنـاك ثانيا التمييز الضرورى بين عمليات التخمـر الـذى يعتمـد على عمليات الأيض فى الكائنات الدقيقة كالخميرة ، وبين العمليات غير التخمرية مثل عصر الزيوت من البذور ، فهذا الأخير يستخدم مواد بيولوجية ولا عمليات حيوية . كما أن هناك السؤال عما إذا كانت المواد الأولية هى نفايات أو هى مواد نُمِّيت خصيصا لخدمة عملية معينة . وعلى سبيل المثال فإنك تستطيع أن تأخذ نفـايات الغـابـات ـ وهى تحوى أنـواعـا عديدة من السليولـوز والسـلاسـل الهيدوكربونية ـ ثم تحولها إلى كحول ، كما يمكن أيضا أن نزرع أشجارا سريعة النمو بغرض إنتاج مواد بدء كيماوية أو وقود ، وهناك مثال تخمير النشا من نباتات مثـل الكـاسـافـا فى البـرازيل لإنتـاج خليط الجـازولـين والكحـول المسمى « الغازوحول » . ولمثل هذه المشاريع فوائدها مثل توفير الوقود الحفرى المستورد ، ولهـا مشـاكلهـا مثـل تغيير استغـلال الأرض بشكـل يهدد إنتاج الغذاء ، فإذا ما أجريت نفس العملية باستخدام النفايات بزغت أسئلة أخرى ، كالسؤال عما إذا كان من الواجب تشجيع تنظيم مراقبة إعادة الدورة والتلوث ، وإذا كان الأمر كذلك فمن يقوم بالمهمة ، وبأية أغراض مستهدفة .

ولكى نستطيع أن نتعامل مع هذا التعقيد فإننى سأعالج الموضوع فى شعب ثلاث : أولاها الإنتاج البيوتكنولوجى للكيماويات الصناعية ، أساسا عن طريق التخمـر ، وثـانيتهـا تطوير مصادر الطاقة « الخضراء » ، وأخيرا تجهيز النفايات لإنتاج مواد البدء الكيماوية وإنتاج الغذاء ، أو تحويلها إلى نفايات يسهل التخلص منها أو التحكم فيها . وهذا يعنى أن علـىَّ أن أناقش نفس العمليات بضع مرات فى حالات قليلة . ولكن يبدو أن هذا هو أوضح سبيل لاجتياز هذه المتاهة من القضايا .

تخمـير الكيماويـات

اكتُشِفـت الإنـزيمات فى أواخـر القـرن التـاسـع عشر على أيدى الميكروبيولوجيين بعد أن وجدوا أن المستخلصات النقية للخلايا الحية تستطيع أن تحفز ـ أى تسرع ـ تفاعلات معينة ، مثل تخمر السكر وتحوله إلى كحول . وعدد الإنـزيمات المعروف الآن والذى يعمل فى الأجهزة البيولوجية عدد هائل ، يبلغ بضعة آلاف على الأقل ، ومنها عدد ـ يتزايد ـ أمكن إنتاجه على المستوى الصناعى كمنتجات مستقلة لها استخداماتها الخاصة . والحقيقة أن إحدى الشركات ـ وهى شركـة نوفى إنـدسـترى الـدانيمـركية (التى سبق الحـديث عنهـا كمصنعـة للإنسولين) ـ ينحصر معظم عملها فى بيع الإنزيمات ، لاسيما تلك المستخدمة كمطهرات . وتسيطر شركة نوفو وشركة جيست بروكيدز الدانيمركية على ٦٠ ٪ من حجم السوق العالمى .

استهلاك الطاقة فى الصناعة الكيماوية فى ثلاث من مناطق الإنتاج

(الوحدة : مليون بليون جول)

	أوروبا الغربية		الولايات المتحدة		اليابان	
	وقود	مواد بدء	وقود	مواد بدء	وقود	مواد بدء
سوائل	٩٢٣	٢٦٢٣	٥١٦	١٢٩٩	٤٥٤	١٠٤٢ (غاز
غاز	٧٢٤	٦٦٢	١٨٣٩	١٦٥٠	٤٤	بترولى سائل)
جوامد	١٦١	٣٥	٣٦٣	غير معروف	١٣	
كهرباء	١٠٣٧		١٩٨٠		٥٤١	

وهناك طريق آخر هو موازنة سعر التسويق لبعض أنواع معينة من الكيماويات مع الطاقة اللازمة لإنتاجها . وعموما فإن الكيماويات العضوية والكيماويات غير العضوية ومواد الصباغة والمخصبات تستلزم استعمال قدر كبير من الطاقة بالنسبة للعائد الناتج ، بينما تعطى المستحضرات الصيدلية ومواد التجميل ومواد الطلاء والصابون والكيماويات الخاصة عائداً أكبر لكل وحدة طاقة مستخدمة فى إنتاجها . ولا يستطيع الفرد أن يترجم هذا مباشرة إلى معدلات نسبية للربح ـ فقد تحتاج المادة قدرا كبيرا من الطاقة لصناعتها ولكنها تعطى ربحا ـ وإن كان يقدم دليلا .

هل يمكن أن يكون الحل فى البيوتكنولوجيا ؟

هذا هو المكان الملائم للبيوتكنولوجيا من نواحى متعددة . أولا لأنه قد أصبح على شركات الكيماويات أن تركز جهداً أكبر على الكيماويات الخاصة التى يمكن أن يرتفع معدل الربح فيها ويقل التنافس . وتقع المستحضرات الطبية تحت هذه الفئة ، ومنها الأدوية والكاشفات التشخيصية . ولمعظم المؤسسات الكبيرة قسم طبى ، أو هى تقوم بإنشاء مثل هذا القسم ، لأن البيوتكنولوجيا قد فتحت سلسلة كاملة جديدة للسوق من الجزيئات المتخصصة الغالية الثمن . وثانيا لأن البيوتكنولوجيا تقدم مواد بدء جديدة ، بداية من الهيدروكربونات المعقدة كالسليولوز أو السكر وتحليلها إلى مكوناتها الأبسط التى يمكن عندئذ إعادة تجهيزها إلى جزيئات أكبر . وثالثا لأن البيوتكنولوجيا تفتح الأمل فى التشغيل تحت

درجة حرارة وضغط أوطى ، لأن الأجهزة الحية لا تحتاج ولا تتحمل المدى الذى تحتاجه الهندسة الكيماوية . فإذا كانت الأجهزة الحية أو الجزيئات البيولوجية المعزولة تنشط تفاعلات معينة فلابد أن نجعل كل هذا يعمل على أساس اقتصادى . والوضع فى وقتنا الحالى ما يزال غامضا جدا . على الأقل لأن حجم رأس المال الواجب استثماره - لتطوير مواد بدء جديدة مثلا - كبير جدا ، وليس هناك ضمان للحصول على المادة الجديدة بشكل اقتصادى معقول فى نهاية عملية تطويرها .

وهناك خيار استراتيجى هو إعادة تركيب الصناعة الكيماوية بحيث يمكن أن تبتدىء بالفحم ، فالمعتقد أن احتياطى العالم من الفحم أكبر بمراحل من احتياطى البترول والغاز . وقد كان الفحم يوما يستخدم كمادة بدء ، واستبدل بالبترول الذى كان الأرخص فى فترة ما قبل الحرب . وهو مكون من العناصر المناسبة : الكربون والهيدروجين والنتروجين والأكسوجين ، التى يمكن أن تكون الأساس لتكوين جزيئات أكثر تعقيدا تحتوى على عناصر أخرى نافعة كالكلور واليود والبروميد والكبريت والبورون . وله أيضا مثالبه ، فهو صلب ، ومعنى هذا أنك تحتاج إلى معالجته حتى يمكن أن ينساب انسيابا مستمرا فى المصنع عند تشغيله ، كما أنه يحتوى على الكثير من الشوائب التى تكوِّن رمادا رمليا كاشطا لزجا يمكن أن يسد كل شىء ، وسلاسل الكربون فيه أيضا ليست فى أفضل تشكيل للتصنيع الكيماوى ، وإن كان من الممكن إعادة تشكيلها إذا كنا مستعدين أن نبدد الطاقة . وعلى هذا فمن المعقول أن نحلل الفحم إلى خليط من الأيدروجين وأول أكسيد الكربون ، يسمى بغاز التخليق ، ومنه نبتدىء ، مروراً بمادة وسطية كالميثانول ، وهو كحول بسيط . وهذا أيضا يستهلك طاقة .

وعلى العموم فهناك بعض الشركات ، كشركة آى . سى . آى ومؤسسة لورجى الألمانية وميتسوبيشى اليابانية ، تعمل الآن على تحويل غاز التخليق إلى الميثانول الذى يمكن أن يكون فى صورة وقود أو فى صورة مادة بدء ، ويقال إن شركة واحدة فقط ابتدأت بغاز التخليق المصنع من الفحم ، هى الشركة الأفريقية للمفرقعات والصناعات الكيماوية بجنوب أفريقيا ، أما الشركات الأخرى فتصنع الميثانول من الغاز الطبيعى . ويبدو أن للميثانول مستقبلا كمادة كيماوية ، فهو فى الوقت الحالى يستخدم فى صناعة الكيماويات الخاصة ومنتجات أخرى مثل حامض الخليك ، والمتوقع أن يزداد الطلب عليه فى سنة ٢٠٠٠ بمقدار ٤٠٠ ٪ بسبب ظهور استعمالات جديدة له ، تستهلك أكثر بقليل من نصف هذه الزيادة ، وفى الإمكان استخدامه كمادة بدء فى صناعة الكيماويات الوسطية كالإيثلين والسيترين ، أو كوقود فى آلات الاحتراق الداخلى أو فى وحدات تحويل الطاقة

الكيماوية إلى طاقة كهربية ، أو كوسط يحول فيه مسحوق الفحم إلى ردغة يمكن ضخها ، أو كجزء من غذاء البكتريا التى تنتج بروتين الخلية الواحدة . وهناك اقتناع تقليدى بكل هذا . وما يزال الوقود الحفرى يقطر إلى مكوناته تحت ظروف فيزيقية قاسية ، ولكنه يمثل خطوة تجديدية رئيسية لكل من الشركات الكيماوية التى تبحث عن مواد خام رخيصة ولمؤسسات الطاقة التى تبحث عن وقود سائل جديد .

وهناك خطوة أكثر تطرفا هى التحرك نحو التخمر ، والارتباط المباشر بالقدرة التحليلية والتركيبية للكائنات الحية ، ونعنى بهذا اتخاذ سبيل جديد هو الطريق البيوتكنولوجى باستعمال ما يسمى « بالكتلة الحيوية » (وهى المواد البيولوجية التى يمكن تحليلها إلى هيدروكربونات بسيطة) كمصدر للطاقة أو كمواد بدء . ومن الممكن أيضا الالتجاء إلى عمليات التخمر التى تقوم فيها الكائنات الحية نفسها بإنتاج الكيماويات الصناعية . وليس هناك من يتوقع أن يتم تحول البيوتكنولوجيا بين يوم وليلة ، ولكنها موجة المستقبل ، وهناك بالفعل مؤسسات تتقدم بخطى واسعة فى هذا الاتجاه ، فثلث ميزانية البحوث والتطوير لشركة آى . سى . آى ـ التى تبلغ ٢٠٠ مليون جنيه ـ ينفق على علوم الحياة ، ومعظمه على المواد الصيدلية ، ولكن لابد أن يُوجَّه أيضا مبلغ كبير نحو الأنواع الجديدة من البيوتكنولوجيا . وشركة ده بونت ، وهى شركة كيماويات أمريكية من الضخامة حتى تشترى وتضم إليها شركة كونوكو للبترول ، المتعددة الجنسية ، هذه الشركة قد جعلت علوم النبات عنصرا رئيسيا وهى تطور نفسها بعيداً عن أن تظل تغزل أرباحها من النايلون .

تخمر فى الصناعة

إن محاولة رسم خريطة للاختيارات المختلفة للصناعة الكيماوية مهمة محيرة ، فهناك أشياء كثيرة تعقد الصورة . هناك أولا الحدود غير الواضحة بين الوقود والكيماويات ، فالبترول الخام يمكن أن يفصل إلى مكوناته عن طريق التسخين المضبوط بعناية فى معامل التكرير ، وبذا فقد تحولت شركات البترول إلى الكيماويات على مدى السنين ، وفى شركتى شل وبريتيش بتروليم المثال على هذا . ومن ناحية أخرى فقد ابتدأت الشركات الكيماوية فى الدخول إلى قطاع الطاقة ، فشركة آى . سى . آى تبحث عن البترول فى بحر الشمال كما تنقب عن البترول حول العالم . وبالرغم من أن مهنة الوقود تختلف عن مهنة الكيماويات إلا أنهما يتراكبان ويتداخلان . وتقوم البيوتكنولوجيا بتأكيد الغموض ، لأن نواتج تخمر النفايات العضوية أو البذور الزيتية المعصورة يمكن أن تستخدم كوقود أو كمواد بدء .

ومن الواجب أن نذكر دائما ماهية الإنزيمات . إنها جزيئات بروتين كبيرة تعمل كمحفزات بيولوجية عالية التخصص . وتركيبها الثلاثى الأبعاد يمكّنها من أن تلتصق بالمادة التى تعمل عليها ، كالقالب على الأصل ، ويسمى الجزء من الإنزيم الذى يقوم بهذا الاتحاد باسم « الموقع النشط » . وبعد أن يقوم الإنزيم بإسراع تحويل المادة الخاضعة لفعله من خلال التفاعل الكيماوى ، نجده يخرج من المعركة دون تغيير ، ولأن الإنزيمات بوليببتيدات كبيرة (سلاسل من الأحماض الأمينية) فإن تخليقها كيماويا ليس عمليا فى الواقع ، إذ يتطلب خطوات كثيرة ، يضيع فى كل منها قدر معنوى من المادة ، لتنتهى فى آخر الأمر بالإنزيم الصغير الثمين . وعلى ذلك فإنه يستخلص عادة من البكتريا وأحيانا من خلايا أخرى .

وهذه بعض أمثلة للإنزيمات : يستخرج إنزيم البابايين الذى يستخدم فى تطرية اللحوم من ثمار البابااظ . وتسخدم إنزيمات البروتييز البكتيرية كمنظفات بيولوجية . أما إنزيمات جلوكاميليز وألفا أميليز وجلوكوز أيزوميريز فتستخدم جميعا فى تحويل نشا الأذرة إلى شراب الذرة ذى المحتوى العالى من سكر الفركتوز ، والذى يستخدم الآن بكثرة فى المشروبات الخفيفة فى الولايات المتحدة . أما فى أوروبا فتقوم التعريفة الجمركية للسوق الأوروبية المشتركة بحماية مزارعى بنجر السكر من استيراد المنتجات المنافسة ، وبذا فإننا لا نتوقع أن تنتشر هذه المادة من مواد التحلية إلا إذا عدّلت السياسة الزراعية لتشجيع الاستخدام الإجمالى للسكر بكل أنواعه . أما الرينين ، وهو إنزيم يستخلص عادة من المعدة الرابعة للعجول أو الأبقار ، فيستخدم فى صناعة الجبن . إنه رقم صغير غالى الثمن : ٢٦ طنا من الرينين تكلفت ٦٤ مليون دولار فى سنة ١٩٨٠ ، أى أن الرطل تكلف نحو ١٢٠٠ دولار ، أغلى من أفضل أنواع الجبن . وقد أمكن مؤخرا صناعته فى شركة جيننتك بعقد مع شركة داوكيميكال وذلك عن طريق نقل جينات الرينين إلى البكتريا . والخطط الآن قائمة على قدم وساق لصناعة الرينين فى الخميرة بنفس الطريقة . أما فى بريطانيا فإن شركة سيلتك تخطط لتوثيق عملية مشابهة للشركات التى تخدم صناعة الجبن .

وتستطيع الهندسة الوراثية أن تخدم هنا عن طريق إسراع إنتاج إنزيمات معينة من البكتريا . وإحدى طرق الوصول إلى هذا تكون بإدخال عدةٍ نسخ من الجين المحدَّد للإنزيم فى البكتريا . كما يمكن أن نطعِّم جينات منظِّمة تسمى المنشطات تشجع الإنتاج الخلوى ، ويمكن أيضا خداع الكائن الحى الدقيق ليسمح بمرور إنزيمات أكثر من خلال أغشيته فيسهُل استخلاصها . وقد تمكن العلماء اليابانيون فعلا من زيادة إنتاج إنزيم ألفا أميليز من باسيلس ساتيليس مائتى ضعفا ، كما أمكن زيادة إنتاج الليجيزات (إنزيمات الوصل) اللازمة

للتطعيم الجينى خمسمائة ضعف . وفى الإمكان أيضا استخدام البكتريا التى تستطيع أن تعيش فى السوائل الساخنة جدا ، أى البكتريا « المحبة للحرارة » التى طُورت للحياة فى البيئات غير المريحة مثل الينابيع الكبريتية ، فإنزيمات هذه البكتريا تستطيع تحمُّل درجات الحرارة الأعلى دون أن تتكسر ، كما أن التفاعلات التى تنشطها تمضى بشكل أسرع . وبذا فاذا استطعنا نقل جينات ألفا أميليز فى هذه البكتريا العاشقة للحرارة فربما أمكن الإسراع فى تحويل النشا إلى جلوكوز . وهناك ميزة أخرى لاستعمال مثل هذه البكتريا وهى أن وعاء التخمر الذى تنمو به لا يلزم تبريده للدرجة المستخدمة حاليا ، الشىء الذى يعنى توفير بعض الطاقة التى تستخدم فى التبريد الاصطناعى . وهناك أيضا سوق يتسع للإنزيمات فى صناعة المربب والمشروبات الكحولية وفى صناعة أنواع معينة من المستحضرات الصيدلية .

أمامنا طريقان لخفض تكاليف العمليات الإنزيمية . الأول منهما هو أن نجمع بضعة تفاعلات داخل حدود الخلية الواحدة ، وذلك من خلال تطعيم الكائن الحى الدقيق الذى نختاره بالجينات الخاصة بكل إنزيم ، وبذا نحتاج آنية تخمر واحدة ، تقوم كل من بلايين الخلايا داخلها بإتمام التفاعلات المختلفة بالتوالى ، وبهذا الشكل تخمر المادة لتحول إلى المنتج النهائى المطلوب ونوفر بذلك الوقت والمال . أى أننا نستخدم الخلايا المعاملة لنستغل إمكاناتها كأجهزة متكاملة أعيدت برمَجتها . وهناك إمكانية أخرى هى اتخاذ الطريق المضاد تماما ، فمن الممكن أن تربط الإنـزيمات بمواد خاملة - كريات صغيرة من البلاستيك أو السيراميك أو الشباك الدقيقة - ويمكن للإنزيمات فى شكلها هذا الساكن أن تعمل كمنشطات للتفاعلات دون أن تتكسر خلال عملية الإنتاج ، بل ومن أن تسكن الإنزيمات داخل الخلايا لتبقى ككبسولات خاملة محجوزة فى حالة سكون مفيد . ويؤكد مؤيدو إستخدام الإنـزيمات الساكنة على حقيقة إمكان استعمالها أيضا كمجسَّات كيماوية تستطيع تسجيل التغيرات فى الحموضة ودرجة الحرارة وغيرهما من المقاييس ، لترسل بذلك إشارات إلى جهاز المراقبة ، فمن الممكن أن يكون لدينا مثلا غشاء يحور من خواصه استجابة للظروف المحيطة .

وسوق المنظفات ومُطَريات اللحوم ومستحضرات صناعة المربب والجبن وصناعات التخمر والمُحَلِّيات ليست بالسوق الصغيرة ، ولكن فكرةً قدمتها شركة سيتوس يمكن أن تقود إلى طريق يؤدى إلى ساحة أرحب بكثير . والفكرة هى أن نستخدم السكر فى إنتاج المواد الأساسية اللازمة لصناعة البلاستيك باستخدام الإنزيمات البيولوجية . وهذه العملية فى أساسها هى عملية صناعة مادة تسمى

بروبيلين عن طريق تعشيق مجموعتين من التفاعلات إحداهما تنتهى بأكسيد البروبيلين والأخرى تحول سكر الجلوكوز إلى قريبه الأكثر نفعا : سكر الفركتوز . وهذه العملية من الناحية التقنية تعتبر شيئا غاية فى الروعة ، وقد أمكن تحقيقها عن طريق الجلوكوسون الذى يمكن استخدامه فى سوائل التنظيف ، كما يعطى أيضا الفركتوز ـ سكر الفاكهة ـ وهو المحلِّى الذى سبق ذكره . من ناحية المبدأ إذن قد تكون هذه العملية طريقا إلى سوق البلاستيك الذى يبلغ حجمه ٥٠ بليون دولار سنويا . وفى سنة ١٩٨١ صرح متحدث من شركة سيتوس بأنه قد يكون من الممكن أن يُصنع بهذه الطريقة فى نهاية هذا العقد قدر من أكسيد البروبيلين تبلغ قيمته ٢ ـ ٣ بليون دولار . غير أننا قد لاحظنا أن مؤسسة ستاندارد أويل بكاليفورنيا (سوكال) التى خصصت تمويلا لتطوير العمل فى تحويل الجلوكوز إلى فركتوز بشركة سيتوس ـ وهى عملية لا شك ترتبط بهذه الفكرة ـ قد تنحت أخيرا عن هذه المهمة . ربما كانت الأشياء ليست بهذه الاستقامة من الناحية التكنولوجية . ولكن ، أيا كان ما حدث هناك ، فإنه مثال حى لكيفية الوصول من مواد البدء الجديدة إلى البلاستيك عن طريق البيوتكنولوجيا . ففى هذه الحالة سنبتدىء بالبروبيلين وكميات كبيرة من الجلوكوز ربما جاءت عن النشا .

دعنا نلق الآن نظرة على مجموعة من العمليات التى تُنتج ما يعرف باسم المركبات العضوية الأليفاتية ، التى تضم مذيبات مثل الإيثانول وأحماضاً عضوية مثل حامض الخليك . الكثير من هذه المركبات ينتج عادة عن التخمر ، فالإيثانول أو كحول الإيثايل هو كحول ناتج عن تخمر الحبوب ، كما يعرف كل من يصنع النبيذ أن الخميرة تنتج الخل إذا سُمح لها بذلك ، ويمكن أن يستخدم الإيثانول كمذيب صناعى كما يتسخدم كمشروب كحولى .

والواقع أن له استخدامات واسعة جدا ، كمضاد للتجمد وفى صناعة المذيبات والمستخلصات والصبغات والعقاقير والمشحَّمات والمواد اللاصقة والمنظفات والمبيدات والملدنات ومغلفات الأسطح ومواد التجميل والمفرقعات والصمغيات لتصنيع الألياف الاصطناعية . لاعجب اذن أن يُنتج منه فى الولايات المتحدة ٦١٩٠٠٠ طن عام ١٩٨٠ ، بعائد قدره ٢٩٧ مليون دولار . ويمكن إنتاج إيثانول التخمر من بنجر السكر أو مولاس قصب السكر أو من نشا الأذرة والقمح والجويدار والكاسافا ، أو من السليولوز . ويقال إن أسعار النشا والسكر تتقلب تقلبات واسعة بحيث يصعب إقامة صناعة تخمر عليها . ليكن الأمر كذلك ، ولكن هناك برامج ضخمة توضع فى بعض الدول النامية بغرض محدد هو إنتاج الإيثانول من قصب السكر والكاسافا . وأفضل مثال هو البرازيل ، ولو أن هناك دولا أخرى مثل إندونيسيا وكينيا وغيرهما ـ ولم يثنِ الباحثين عن هذا حقيقة

أن الكاسافا تعتبر من السلع الغذائية الرئيسية ، وإنها دفعت البحوث نحو تحسين مقاومة الكسافا للأمراض . كما يطوِّر الآن معهد بحوث النبات الدولى فى سان فرانسيسكو بالتعاون مع مؤسسة دافى ماكى لهندسة النسق ، سلالاتٍ جديدة من الكاسافا تلائم بالتحديد صناعة التخمر . ويبقى أن نرى ما إذا كانت تربية النباتات ستتحول عن خدمة الملايين من الفلاحين الذين يزرعون الكاسافا كغذاء أساسى لهم .

من الممكن أن نقول عموما إنه بالرغم من أننا نحتاج الأرض دائما لإنتاج الغذاء للجماهير ، إلا أنها كثيرا ماتوجه لتستخدم فى زراعة المحاصيل النقدية كالبُنّ والمطاط ، أما المجتمعات الريفية ـ التى كثيرا ما تهجَّر لتكوين الضياع والمزارع الواسعة ـ فلاتستفيد منها إلا قليلا ، وعلى هذا فمن المحتمل جدا أن يتكرر النمط باستخدام محاصيل « الوقود » ومحاصيل « التخمر » . فإذا ما كان لدينا ما يكفى من الأراضى لإنتاج الغذاء ، فإن تحويل بعض الأراضى الزائدة لإنتاج محاصيل التخمر قد يكون فكرة طيبة ، توفر بعض النقد الأجنبى وتبنى خبرة محلية علمية وتكنولوجية . وإذا ما استخدمنا بعض المواد العضوية التى تهمَل دائما كنفايات ، عندئذ سنجنى مكاسب واضحة وقليلاً من المثالب . ولكن هناك بعض مخاطر حقيقية تتعلق بسياسة استغلال الأرض والطاقة سنعود إليها فيما بعد بهذا الفصل .

دعنا نفترض أنه لمثل هذه الأسباب سنفضل الخشب كمادة للبدء . المشكلة هنا هى تحليل الخشب حتى يمكن الحصول على السليولوز فى شكله النقى ، الذى يمكن عندئذ أن يحلل إلى جلوكوز (فالسليولوز جلوكوز متبلمر) نستطيع بالتالى أن نحوله إلى كحول . هذه عملية من خطوتين . والتحسين يكون بجعلها عملية من خطوة واحدة يخمر فيها الخشب المعامل مسبقا إلى كحول مباشرة . وهناك كائنات دقيقة رائعة تستطيع أن تقوم بهذا ، وإن كانت نادرة وغير مفهومة تماما .

والبديل الذى يجب أن نخمنه الآن هو محاولة تخليق خميرة أو بكتريا حسب الطلب عن طريق تطعيمها بجينات جديدة تستطيع تخمير السليولوز إلى كحول مباشرة . كما يمكن أن نركز على مكون آخر من مكونات الخشب هو الزيلان ، وهو سكر زيلوز متبلمر . وقد اتضح أنه إذا ما حول الزيلوز إلى سكر آخر هو الزيلولوز ـ فمن الممكن أن تحوله الخميرة إلى إيثانول . وبذا تبزغ فكرة أن نطعم الخميرة بجينات لإنتاج أيزوميريز الزيلوز ، وهو الإنزيم الذى يحول الزيلوز إلى ما تستطيع الخميرة استخدامه . كما يمكن ببساطة أن نستمر فى البحث عن بكتريا

جديدة لأن هناك من حولنا آلافاً من سلالات مجهولة ذات إمكانات غاية فى التباين .

وعلى سبيل المثال ، فقد استُخدمت الخمائر لآلاف السنين فى صناعة الكحول . ولكن هناك كائنات أخرى تستطيع أن تفعل نفس الشيء . فالكائن الدقيق المسمى زيموموناس موبيليس يستخدم فى صناعة المشروب المكسيكى المسمى البَلْكَة ، وله كفاءة تبلغ ضعف كفاءة الخميرة ، ولا شك أن السليولوز ـ فى نهاية الأمر ـ سيجهّز إلى مواد بدء كيماوية كالإيثانول وإلى مواد أكثر تعقيداً كالأفلام والألياف المبلمرة . وتبنى شركة بترول الخليج للكيماويات مع اتحاد رافائيل كاتزن بالفعل مصنعا ينتج ۱٥٠ ٠٠٠ جالون إيثانول يوميا من السليولوز ، وتبلغ التكاليف الرأسمالية لهذا المصنع ۱۱۲ مليونا من الدولارت ، مما يعنى التزاما حقيقيا بالعملية . وهنا يجب ألاّ ننسى أنه بالرغم من أن إنتاج الإيثانول يعتبر واحدا من أكفأ طرق معالجة مخلفات الأخشاب بالنسبة للطاقة ، إلا أننا لا نستطيع أن نجمع أكثر من نحو ربع هذه المخلفات . إن القدر الصافى من الطاقة فى إنتاج الإيثانول كوقود بالولايات المتحدة ـ إذا أخذنا فى الاعتبار مقدار الطاقة المستنفد فى الجمع والتجهيز والتسخين ـ قد يصل إلى نحو ۱٪ فقط من الاستهلاك الحالى من الجازولين ، أما استخدامه كمادة بدء كيماوية فهو موضوع آخر .

تكوِّن الأحماض العضوية أيضا قدراً له وزنه من حجم إنتاج الكيماويات ، فلحمض الخليك العديد من الاستخدامات غير تعديل طعم السمك المقلى مع البطاطس ، إذ يستخدَم فى صناعة المطاط والبلاستيك والألياف والمستحضرات الصيدلية والمبيدات الحشرية ومواد التصوير ، وإذا استبعدنا ما يستهلَك منه كخل للمطابخ ، فإن القدر المصنع منه فى أمريكا سنويا يبلغ ۱ر٤ مليون طن ، تدر ٥٠٠ مليون من الدولارات . وهناك محاولات تجرى الآن لصناعة حامض الخليك ـ بتخمير السليولوز ـ الذى يُعتقد أنه مادة بدء رخيصة يمكن أن تنافس البترول ، وقد يثبت أنه من الممكن أن ندفع البكتريا إلى تخليقه من الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون . وهناك حامض آخر يستخدَم بكميات ضخمة هو حامض الستريك ، ويبلغ حجم السوق العالمى له ۱۷٥ ألف طن قيمتها ۲٥۹ مليون دولار ، وهو يصنع عن تخمير المولاس باستخدام بكتريا أسبرجلّس نيجر ، وقد يكون السليولوز مادة تخمر أرخص . ويجرى الآن العمل على إعادة برمجة الأسبرجلس بتطعيمها بجينات تحدد إنزيمات تحليل السليولوز . كما يمكن أيضا صناعة حامض اللاكتيك من تخمير السكر ، ويصنّع بالفعل نصف استهلاك أوروبا من هذا الحامض بهذه الطريقة بالرغم من أن فصل الحامض من المزارع

البكتيرية التى تنتجه عملية مكلفة للغاية . ويمكن تحويل حامض اللاكتيك إلى لاكتيد ، الذى يمكن بالتالى أن يشكِّل سلاسل طويلة تشبه كثيرا تلك الخاصة بالبوليمرات التى نعرفها كالبوليسترين وكلوريد البوليفينايل .

ونستطيع أن نمضى طويلا ، والقائمة ليست بلا نهاية ولكن القواعد الأساسية واحدة ، والموضوع هو استبدال مادة بَدء جديدة بالبترول ، أو هيدروكربون جديد بسيط من مصدر حى ليحل محل آخر مدفون فى مستودعات قديمة منذ ملايين السنين ، بالرغم من أن سعر البترول حتى الآن مازال منخفضا . وهناك موضوع آخر هو فكرة التحويلات الكيماوية البسيطة التى تضيف أو تسقط قوالب بناء أو تسمح للبنية أن تنطوى أو تشكل سلاسل . وتستطيع الكائنات الدقيقة أن تجهز الهيدروكربونات دون مجهود كبير ، ولو أنها أحيانا تسمم نفسها بنواتج عملها . هذا هو جوهر البيوتكنولوجيا الميكروبية .

وآخر مجموعات منتجات التخمر التى سنناقشها هى الأحماض الأمينية . لقد عَرَّفناها بالفعل على أنها المكونات الأساسية لجزيئات البروتين . ولكن ، حتى قوالب البناء الأساسية لابد أن تأتى من مكان ما . وتستطيع الأحياء أن تكوِّن بنفسها البعض منها مستخدمة المواد الغذائية البسيطة ، وقد يلزم أن تزوَّد بها الكائنات فى الغذاء فى صورة بروتين . وفى حالة الإنسان ، فإننا نحتاج إلى الحصول على ثمانية أحماض أمينية فى طعامنا ، وبالتالى يلزم أن تضاف إلى الطعام إن كانت تنقصه هذه الأحماض الضرورية . ويباع الليْسين والمثيونين كإضافات غذائية للحيوانات ، أما حمض الجلوتاميك فيصنع لإنتاج محفز النكهة المسمى مونوصوديوم جلوتاميت ، ويستخدم التخمر فى صناعة آلاف الأطنان فى هذه المواد سنويا ، وتستغل المعالجة اليدوية الوراثية لرفع إنتاج تلك المواد فى الكائنات الحية الدقيقة .

المال لا ينمو فوق الأشجار ، وإنما بداخلها

ظهرت قصة ظريفة فى جريدة **فاينانشيال تايمز** (وبذا فلابد أن تكون صحيحة) عن باحث كبير فى إكسون قال فى الستينات إن البترول هو كوكتيل كيماوى له من المراوغة والإثارة ما لا يصح معه أن يقتصر استخدامه على الحريق ، وبسبب هذا التوقير الكيماوى وقع هذا الباحث فى مشاكل ، فمعظم دخل شركة إكسون ، الذى يزيد عن الإنتاج القومى الإجمالى للكثير من الدول ، يأتى فى الواقع من بيع البترول للحريق . وإطلاق الطاقة المخزنة منذ ملايين السنين عن طريق الاحتراق فى المصانع يعتبر أرخص طرق إنتاج الطاقة ، ولكننا نعرف جميعا ـ

وبالذات فى شركات البترول - أن احتياطى العالم من البترول محدود ، ومع الاحتمالات البادية بحدوث نقص خطير فى البترول ابتدأت شركات البترول فى التحول إلى أنواع أخرى من الطاقة بشراء شركات المناجم وبالاستثمار فى الصناعة الذرية .

وبعد ترتيب الأمور حول مصدر طاقة هائل الربح فى نقله وتوزيعه وتكريره ، أصبحت هناك رغبة خاصة فى الاستمرار فى هذا النوع من الإنتاج ، ليس فقط لمجرد أن هناك تكنولوجيات أخرى - كالسيارات - تعتمد عليه . ومن الممكن أن تعاد هندسة وسائل النقل الخاصة لتتمحور - قل مثلا - حول وحدة وقود أو بطارية تُشحن من لاحِب ، ولكن وقودا هيدركربونيا سائلا قابلا للاحتراق سيتطلب تبديلات أقل . إن الشىء الذكى هو أن نستعمل مصادر يمكن تجديدها ، مصادر يمكن أن تُحرق بثبات وأن تستبدل .

تَسبب هذا الضغط على أسعار الطاقة فى تكثيف البحوث فى استغلال ما يسمى « بالكتلة الحيوية » كمصدر للطاقة ، والكتلة الحيوية هى مادة غنية بالطاقة أصلها بيولوجى مثل الأشجار الساقطة ونفايات الغابات وبقايا قصب السكر وتبن القمح والسراخس وزيت البذور وأغلفة البذور وبقايا تصنيع المواد النباتية فى مصانع الورق والطحالب وكسح المجارير وردغة الحيوانات . وهناك مدى واسع ننتخب داخله ، والكثير منه يبدَّد فى وقتنا الحالى . وبحوث استخراج الطاقة من الكتلة الحيوية ليست جديدة كما أن معظم طرق استخلاص المحتوى من الطاقة راسخ بالفعل إن لم يكن قديما وتقليديا مثل التخمر ، أما الجديد فهو القوة التى تدفع بها هذه الأشكال من البيوتكنولوجيا ، والطريقة التى تُقحم بها تكنيكات بيولوجية ووراثية معقدة فى عملية التطوير . والاتجاه على طول الوقت هو أن نهندس مستويات جديدة للقدرات فى مادة العمل من الكائنات بالوصول إلى جيناتها . وسأناقش أربعة أنواع من إنتاج الطاقة من الكتلة الحيوية : استخدام اللَّثى (لبن النبات) الهيدروكربونى كوقود سائل ، وتخمير المواد العضوية لإنتاج الوقود ، واستعمال بذور الزيت كمصدر للوقود ، والبيوجاز المنتَج عن طريق الهضم اللاهوائى .

وأول هذه هو الأكثر إدهاشا ، أما الأنواع الثلاثة الأخرى فربما كانت أقل إثارة للدهشة . وكل من وضع البراندى فى بودنج عيد الميلاد أو تعامَل مع نماذج الطائرات يعرف أن الكحول قابل للاشتعال ، وكل من حرك مياه بركة قديمة يعرف أن فى قاعها غازاً ناتجا عن تعفن مواد نباتية .

يُنتج الكثير من النباتات لَثى ، وهو سائل لزج يمكن أن يُنْزَلَ من الساق ،

والمثال الذى يعرفه الكثيرون هو المطاط الطبيعى الذى يصنع من اللثى الذى تفرزه شجرة المطاط ، وهو مستحلب مائى لجزيئات طويلة لولبية . والكثير من أشجار هذه العائلة يفعل نفس الشىء ، ومنها نبات يوفوربيا لاتيريس الذى بدأ مؤخرا يجذب انتباه الكثيرين . ولهذه الشجرة من يتحمس لها : عالِم من كاليفورنيا إسمه ملفن كالفن ـ حصل على جائزة نوبل لعمله على التمثيل الضوئى (أى تحويل ضوء الشمس إلى طاقة نباتية) . ويوفوربيا لاتيريس شجيرة خضراء فاتنة تنمو لارتفاع يبلغ نحو ستة أقدام ولا تتطلب الكثير من ناحية التربة التى تنمو بها ، وهى تسمى فى أمريكا باسم نبات السنجاب ، ذلك أنه يُعتقد أن جهازها الجذرى يمنع السنجاب الأمريكى من عبور المزرعة داخل أنفاق يحفرها تحت الأرض . والطريقة المناسبة لاستغلال اللثى تتم بحصد النبات ، ومعالجة المادة الجافة بالأسيتون أو البنزين لنحصل على سائل لا يختلف عن البترول كمزيج من الهيدروكربونات . قرر كالفن أن يختبر إمكانياتها كأساس « لمزارع الطاقة » ، وأشارت نتائجه الأولى إلى أنه من الممكن الحصول على نحو ٢٥ برميلا من اللثى فى العام من الهكتار بتكاليف تبلغ ٢٥ دولار للبرميل ، وهو سعر ينافس سعر البترول الخام . ولكنا نعرف أننا لا نستطيع الاعتماد كثيرا على تقدير التكاليف بهذه الطريقة ، وقد اتضح أن الإنتاج التجارى « لبترول » اليوفوربيا يحتاج إلى مساحات شاسعة من الأراضى .

يحلل إيرنست بانجيى هذه المشكلة كما يلى : يمكن أن نفترض أن فدان الأرض ينتج عشرة أطنان من « الكتلة الحيوية » الجافة ، ١٠٪ منها « بترول » . وطن « البترول » يساوى نحو سبعة براميل ، فإذا كانت تكاليف الزراعة هى ١٥٠ دولارا للفدان ، فإن تكاليف برميل « البترول » قبل المعالجة تبلغ نحو ٢٠ دولارا . ولكن غلة المزارع التجارية ستكون فى الحقيقة أقل من هذا بكثير لأن نباتات التجارب تُعامَل بشكل أفضل كثيرا فى حقل الأبحاث ، كما أن الاستخلاص المعملى يكون أدق بكثير . واقترح أيضا أن الأراضى الزراعية توجد حيث الأمطار شحيحة جدا ، وقد أشار كالفن ـ بإقناع ـ إلى أن ناتج أشجار المطاط قد رُفع عشرين ضعفا خلال الخمسين سنة الماضية بانتشار سلالات عديدة من اليوفوربيا فى مناطق مختلفة من العالم . وهناك من الأسباب الوجيهة ما يجعلنا نثق فى إمكان إجراء تحسين وراثى معنوى فى الإنتاج وفى تركيب « البترول » وفى مقاومة الأمراض . والتكنيكات التى نوقشت فى الفصل السابق توضح كيف يمكن الإسراع بهذه العملية . ولا أعرف إن كان هناك من قام بالنسْخ الخضرى لنبات يوفوربيا لاتيريس فى مزارع الأنسجة . كما أن الكتلة الحيوية المتبقية بعد استخلاص اللثى يمكن أن تحول عن طريق التخمر إلى إيثانول .

دعنا الآن نلق نظرة على الاحتياجات من الأراضى . إن انتاج ١٠٠٠ طن من الكتلة الحيوية يوميا وهو ما يغل بمصنع التجهيز قدرا من « البترول » يبلغ نحو ٧٠٠ برميل ، يحتاج لمساحة من الأرض تبلغ نحو ٣٠٠٠ كيلومتر مربع ، أى مساحة دائرة نصف قطرها ١٠ كيلومترات ، يمكن أن نضع داخلها بسهولة مدينة فى مثل حجم مدينة شيفلد . ولكن اليوفوربيا لا تنجح إلا فى الأجواء الحارة . وتوجد فى أريزونا ونيومكسيكو ونيفادا مساحات كبيرة من الأراضى غير المزروعة يمكن بها زراعة هذه الشجيرات . وهناك داخل الاتساع الرهيب لصحراوات هذه الولايات وجبالها ، تختفى بنجاح أكثر معامل الأسلحة فى العالم إنتاجا وكذا مواقع اختبار الصواريخ . ولدينا تقرير يقول إن معمل تجهيز ينتج ٥٠ ٠٠٠ برميل يوميا - وهو المستوى الأدنى لمعامل التقطير - يحتاج إلى ٤٠٠٠ كيلومتر مربع من الأرض ، وهذا معمل قدرته أكثر مما افترضنا سابقا . صحيح أن هناك مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة يمكن استغلالها فى جنوب غرب الولايات المتحدة ، إلا أن شراء هذه المساحات أو شراء حق زراعتها يتطلب استثمارا رأسماليا ضخما . وبالرغم من ذلك فقد ابتدأت شركات البترول فى شراء مساحات شاسعة من الأراضى لاستخراج الزيت الحجرى ، وعلينا إذن أن نفكر فى طريقة لحصاد نبات السنجاب بالمعدل المطلوب . ويشير هذا النوع من الحسابات إلى أن إنتاج الطاقة من نبات السنجاب لم يصبح بعد قابلا للتطبيق .

ولكن هناك إمكانيات أخرى . فالشجرة البرازيلية كوبايفيرا لانجسدورفى تنمو بريا وتنتج ١٢ جالونا من « البترول » سنويا بعد وصولها مرحلة النضج . وهذه الأشجار يمكن أن تُبْزَل ، تماما مثل أشجار الاسفندان ، لتعطى ١٠ - ٢٠ لترا من اللثى فى ساعتين . وهذا السائل يشبه كثيرا وقود الديزل فى التركيب ، بحيث يمكن أن يحرق بمحركات الديزل دون معالجة ، غير أن المحرك سريعا ما تسده الصموغ ، ولكن تكرير الزيت ربما ينهى هذه المشكلة . وهناك أيضا نبات كروتون سوندريانُص ، أو السفرجل الأسود ، الذى ينمو كحشيشة فى شمال شرقى البرازيل ، وهو من عائلة يوفوربيا ، ويُظَن أنه يمكن أن يغل ١٥ طنا على الأقل من المادة النباتية الجافة فى السنة ، وربما أنتج ثلاثة أضعاف هذا القدر ، فإذا عولجت الكتلة الحيوية بالبخار فمن الممكن تقطير وقود هيدروكربونى مفيد منه . وهناك إمكانية أخرى فى زيت الكافور الذى يمكن أن يدير المحركات وحده ، أو فى خليط من ٧٠٪ زيت كافور - ٣٠٪ جازولين ، وقد قدرت تكاليف إنتاج الجالون من هذا الزيت فى ١٩٧٩ بمبلغ ٣٥ دولارا للجالون ، وهذا أكثر بكثير مما ندفع الآن لشراء الجازولين ، ولكن ربما كان هناك مجال للتحسين . وهناك نبات آخر له مستقبل هو حشيشة اللبن (أسكلبسيا سبسيوزا) التى تنتشر

فى الكثير من أنحاء العالم . وقد أشارت آلات الاختبار فى تكساس وألاباما إلى أن الجرش الميكانيكى والتكرير يمكن أن يعطى من هذا النبات وقودا بأسعار تضارع أسعار الجازولين .

ولا يلزم أن تستخدم السوائل الغنية بالهيدروكربونات فى الحريق . فلَثى الجوايول (بارثينيم أرجنتاتم) يمكن أن يحول إلى مطاط . والواقع أن استخدام هذا النبات قد أثير عندما احتل اليابانيون مزارع المطاط فى الشرق الأقصى فى الحرب العالمية الثانية . وقد صنعت شركة جوديير من مطاط الجوايول إطاراتٍ نجحت فى اختبارات تحمل السرعة العالية لوزارة المواصلات الأمريكية . أما نبات الجوجوبا (سيموندسيا شاينيز ز) فيثير الانتباه كمصدر للزيت يمكن أن يحل محل زيت الحوت ، ويزرع منه الآن بالفعل بضعة آلاف من الأفدنة فى أريزونا وكاليفورنيا ، وتشير التحاليل الأولية إلى أن الزراعة التجارية التى يصحبها جمع متقن للبذور لرفع محصول الزيت لابد أن تجرى بحرص ، فحتى الصحارى لها نظمها الإيكولوجية التى تتأثر بالحصاد المكثف .

كان معظم حديثنا حتى الآن منصبا على الهيدروكربونات المستخلصة من النباتات الكاملة . ولكن المحتوى الزيتى فى البذور دائما ما يكون أعلى ، كما يسهل استخلاصه بالعصر . وقد طور الصينيون خلال الحرب العالمية الثانية طريقة يُحل بها الزيت النباتى لفصل الأجزاء منه الأكثر تطايرا ، واستخدموا زيوت ثمار التانج وزيت بذور اللفت وزيت الفول السودانى . وفى الناحية الأخرى من تلك الحرب استخدم اليابانيون بذور « شجرة البترول » كوقود للدبابات . وقد عاد الاهتمام مرة أخرى بمثل هذه الزيوت ، فجُرب زيت فول الصويا وزيت بذور عباد الشمس وأعطت محصولا يبلغ طنا على الأقل للهكتار . ووصلت التكاليف إلى نحو دولارين للجالون ، ويبلغ الربح فى الطاقة الصافية من طاقة الوقود المتاحة بالنسبة لوحدة الطاقة المستهلكة فى الحصاد والتجهيز ما بين ٣ : ١ و ١٠ : ١ ، وهو ربح معقول ولكن المشكلة مع المشاريع من هذا النوع هى أنك كثيرا ما تحصد طاقة أقل مما تستهلك .

ناقشنا فى الفصل السابق استخدام زيت النخيل فى صناعة المرجرين والمنظفات ، ولكنا نستطيع أن نستخدمه أيضا كوقود ، يمكن أن يشتعل تحت ضغط ، تماما مثل وقود الديزل . وفى البرازيل ، وهى دولة لديها برنامج ضخم لبحوث بدائل الوقود ، تجرِّب مخاليط جديدة من الوقود باستخدام مَرْكبات خدمة تجارية وعامة . وقد أتم المعهد القومى للتكنولوجيا فى ريودى جانيرو تجاربَ له فى يناير ١٩٨١ على استخدام خليط من ٤ ديزل : ١ زيت فول سودانى وخليط من ٧٣ ديزل : ٢٠ زيت نخيل : ٧ إيثانول . ومن المثير أن استهلاك أحد

الأتوبيسات من الوقود كان أفضل بنسبة ٣ر٤٪ من استهلاك وقوده الطبيعي من الـديزل . وتقضى الخطة المرسومة أن توفر الزيوت النباتية فى سنة ١٩٨٥ نسبة ١٦٪ من الـطلب على الـديزل فى البرازيل . أما استغلال الكحولات المخمرة فسنناقشه فيما بعد .

عنـد مناقشتنا السابقة لمزارع الطاقة ، كنا نفترض أن النباتات ستحصَد تجاريا ، وأن الـزيت يبـاع فى السـوق المفتوح ، وقد قادنا هذا إلى فكرة المَزارع الضخمة ، المجهولة الكفاءة الاقتصادية ، التى تمون معامل تكرير كبيرة . ولكن من الممكن أيضا أن يستخدم المُزارع محاصيل الزيوت للحصول على حاجته من الـوقـود . وتجرى فى جنوب إفريقيا بحوث مكثفة على عباد الشمس ، وقد رُفع المحصول منذ ١٩٧٠ فى ٠٠٠ ٥٠٠ فدان إلى ٥ر٢ طن للفدان ، وهذا يبلغ ثلاثة أضعاف المحصول منذ عشر سنين . وهناك بذور هجينة جديدة تعطى محصولا يبلغ ٤ أطنان للهكتار . وقد ثبت أن الوصول إلى مثل هذا المحصول ممكن أيضا فى الولايات المتحدة ، حيث يمكن أن تزرع عروتان أو ثلاث سنويا ، وتنجح عملية إنتاج الزيت إذا وصل إنتاج الفدان ١٠٠ جالون . ومعنى هذا أن زراعة عشرين فدانا ، مثلا ، من الأراضى الحدية بعباد الشمس ، والاستثمار فى عصر الـزيوت يعـطى قدرا كبيرا من الوقود ، وأنا أفترض أن الفلاح يستطيع أن يوفر عشرين فدانا ، وهذه مساحة صغيرة بالنسبة للمُزارع فى الدول المتقدمة ، ولكنها مساحة ضخمة بالنسبة للملايين من الفلاحين الذين يعيشون على الكفاف والذين لا يستخدمون الجرارات على أى حال .

تمثل الزيوت النباتية مجموعة من بدائل الوقود الحفرى ، وتمثل الكحولات مجموعة أخرى أكثر إغراءً فى الوقت الحالى . وقد بيّنا عند مناقشة مواد البدء كيف يمكن تخمير سليولوز الخشب وعصير قصب السكر إلى إيثانول . ولقد كان من المعروف ـ ومنذ زمن طويل ـ أن الإيثانول يمكن أن يُستغل كوقود مقبول جدا . وقد فُتن هنرى فورد الأول بفكرة إحلال الإيثانول محل البترول الحفرى فى الوقت المناسب . وقد شُيد مصنع ضخم للوقود فى كانساس سنة ١٩٣٦ .

ولعل أكثر التطورات إثارة فى عصرنا هو برنامج الكحول البرازيلى الذى ابتدأ عام ١٩٧٣ ، وهو مشروع موجه أساسا لإنتاج إضافات وقود الإيثانول إلى الجـازولـين ، بالـرغم من أن الإيثـانول سيستخدم أيضا كمادة بدء فى الصناعة الكيماوية البرازيلية . وقد أقامت حكومة الولايات المتحدة أيضا برنامج غاز وحول يعمـل بالأذرة ، وإن كان لم ينجح حتى الآن اقتصاديا . ومن الناحية الأخرى

سنجد أن البرازيليين مستعدون لدعم برنامجهم للتخمر بسبب التوفير الضخم المتوقع للعملة الأجنبية .

تبلغ ديون البرازيل الأجنبية الآن نحو ٦٤٫٥ بليون دولار ، أكبر دين فى العالم الثالث ، وتبلغ تكاليف خدمة هذه الديون ١٩ بليون دولار سنويا . وقد بلغ ميزان المدفوعات السالب ١٢ بليون دولار فى نهاية سنة ١٩٨٠ . وفى هذه السنة وصلت التكاليف الإجمالية لاستيراد ٦٧٠ ٠٠٠ برميل بترول يوميا إلى ٤٦٪ من قيمة كل البضائع المستوردة . والواضح أن مثل هذا الموقف يخلق ضغوطا هائلة للبحث عن بديل للبترول ، وتقضى الخطة بألا يزيد الطلب فى سنة ١٩٨٥ عن ١ ٥٠٠ ٠٠٠ برميل يوميا ، يستورد منها ٥٠٠ ٠٠٠ فقط ، وسيساهم الإنتاج المحلى بـ ٥٠٠ ٠٠٠ برميل بترول يوميا ، والمخطط أن يساهم كحول قصب السكر وكحول الخشب بما يوازى ١٧٠ ٠٠٠ و ١٢٠ ٠٠٠ برميل يوميا ، أى ٢٠٪ من حاجة الدولة من الطاقة . ويشير أحد التقديرات إلى أن استبدال مليون برميل من البترول يوميا سيحتاج عشرين مصنعا للوقود المخلّق تتكلف ما بين ١ ـ ٢ بليون دولار بأسعار ١٩٧٩ .

من الممكن استغلال محاصيل مختلفة فى التخمر ، ومن بينها قصب السكر والذرة السكرية والكاسافا والأذرة الشامى ، وتنتج البرازيل ١٠٠ مليون طن من قصب السكر كل عام من ٢٫٥ مليون هكتار . ويستخدم ٢٠٪ من المحصول فى إنتاج الكحول ، أما معظم الباقى فيصنع منه السكر ليباع فى السوق العالمى . أما الكاسافا فيزرع منها أيضا ٢ مليون هكتار من أراض أقل خصبا ، وينتج منها ٣٠ مليون طن ، وهذا أكبر محاصيل الكاسافا فى العالم ، ويستخدم معظم هذا الناتج كغذاء . وإنتاج الكحول من الكاسافا فى البرازيل ليس كبيرا فى الوقت الحالى ، ولو أن المتوقع أن يزيد كثيرا ، والبعض يرون فى هذا النبات بديلا مغريا لقصب السكر ، إذ يمكن أن يزرع فى تربة أقل خصبا ، كما أنه يوفر أربعة أضعاف فرص العمل لأنه يحتاج إلى إعادة الزراعة كل سنة ، وهو أيضا أقل اعتمادا على سعر السوق العالمى .

وبرنامج الكحول القومى للبرازيل برنامج طموح للغاية ، ويتشكك بعض المعلقين فى أدائه الحالى وفى بلوغه مستويات الإنتاج المخططة ، وهناك ناحية من الخطة تقول إنه فى سنة ١٩٨٥ سيكون من المفروض تحويل ٢ ١٢١ ٠٠٠ مركبة لتسير بوقود الإيثانول وحده . ويشكل تذبذب سعر السكر مشكلة ، ففى السبعينات ارتفعت أسعار السكر ارتفاعا رهيبا ، وقد بلغ حجم التوفير فى البترول المستورد بسبب برنامج الكحول ٣٠٠ مليون دولار فى عام ١٩٧٩ ، ولكن ، لو أن القصب استغل لإنتاج السكر لبيع بمبلغ ١٥٠٠ مليون دولار . ولا يبدو أن

مثل هذه الدرجة من التفاوت تشجع الاستثمار الحكومى فى معامل التقطير بدلا من معامل تكرير السكر . وهناك مشكلة أخرى هى استغلال الأرض . فاذا كان علينا أن نضاعف إنتاج الكحول ثلاث مرات بحلول عام ١٩٨٥ فسنحتاج بالضرورة إلى إضافة مساحات هائلة من الأراضى . وهذا سيؤدى فى الأغلب إلى التوسع فى المزارع الكبيرة التى تمتلكها شركات السكر على حساب الشركات الأصغر . كما أنه إذا كان من الضرورى رفع محصول السكر فالأغلب أن يحتاج الأمر زيادة استخدام المخصبات (التى يلزم استيرادها) . وقد أشار أحد معلقى شركة آى . سى . آى إلى أن الهرمونات النباتية يمكن أن تسرع من نمو قصب السكر ، وهذا النبات يعتبر أكثر النباتات المعروفة كفاءة فى تحويل ضوء الشمس إلى طاقة . وسعر الهرمونات مثل « الجبرلين » مرتفع ، ولكن ربما أمكن تخفيضه إذا تمكنا من إنتاجه من بكتريا أعيدت برمجتها . وتقطير الكحول يخلف أيضا الكثير من النفايات ، فكل لتر من الكحول يتخلف معه ١٢ ـ ١٣ لترا من محلول حامضى عادة ما يلقى فى المجارى المائية المحلية لتنجم عنه نتائج مشئومة .

قد يكون برنامج الكحول تجربة رائعة ، استطاعت فيها حكومة تكنوقراطية لدولة من دول العالم الثالث أن تعالج بنجاح مشاكل الطلب المتزايد على الطاقة واستيراد البديل والبطالة الريفية التى سببتها زراعة المحاصيل النقدية ـ وقد يكون طريقا للابتعاد عن الاعتماد الكامل على مواد الوقود المستوردة ، تستخدم فيه الموارد الهائلة من الأراضى وضوء الشمس التى تمتلكها بلد كالبرازيل . ولا يمكن أن تفكر فى مثل هذا البرنامج إلا دولة شاسعة غير مكتظة بالسكان . فإذا افترضنا أن الهكتار من الأرض سيغل مثلا ١٢ طنا من الكتلة الحيوية فى العام ، فمن الممكن أن تحسب النسبة من مساحة أراضى الدولة التى يلزم زراعتها لتوفير احتياجات الدولة من الطاقة . وقد صدمنى أن النسبة تبلغ ١٠٠٪ فى دولة كإيطاليا ، وهو حل ينقل صورة لإيطاليا بأكملها وقد زُرعت بقصب السكر حتى الشواطىء دون مكان يترك للطرق أو المدن أو المصانع ولا حتى للناس . أما فى بريطانيا فالوضع أسوأ ، ذلك أننا نحتاج إلى مساحة تبلغ ٢٫٥ ضعف مساحة الجزر البريطانية .

ومن ناحية أخرى فمن الممكن أيضا أن ننظر إلى برنامج الكحول فى البرازيل على أنه دعم لصناعة ليست ذات كفاءة عالية ولا هى إبداعية ، صناعة لها سجل تلوث رهيب ، تدفع الريف لزراعة محصول واحد لتموين المدن بالوقود على حساب الفلاحين ، الذين ستنزع الأرض من البعض منهم . تعوّد المعلقون أن يقولوا إنه لا يصح أن تحول الأرض التى تستغل لإنتاج الغذاء إلى إنتاج الوقود ، غير أن التاريخ يعلمنا ، من أيام حُوَش الزراعة بالقرن الرابع عشر حتى

مزارع المطاط بالقرن العشرين ، أن استغلال الأرض يحدده مالكوها الذين يبحثون عن تعظيم عائد استثمار أملاكهم ، دون أدنى اعتبار لمن يقتاتون منها .

مجتمع النفايات

تنتج الزراعة نفايات ، وينتج تجهيز الأغذية نفايات ، وينتج التخمر نفايات ، وينتج الانسان فضلات منزلية ونفايات المجارى ، وينتج عن الكثير من العمليات الصناعية نفايات ، وتقدم البيوتكنولوجيا إمكانية مثيرة لتحويل كل هذه الأنهار والأكوام من النفايات إلى طعام أو كحول أو كيماويات مفيدة ، وعلى سبيل المثال فإن ٤٠٪ من براز الانسان يتكون من بروتين يمكن استخدامه ، وتلقى هذه البروتينات فى مجتمعات الغرب المتقدمة بالرغم من وجود طرق يمكن استعادتها بها . أما فى بعض الأقطار الأقل إسرافا فإنها تستخدم كسماد ـ وتسمى « تربة الليل » .

النفايات العضوية هى الغذاء لبعض الكائنات . والكثير من نفايات المدن تحللها البكتريا والطحالب التى يُشجع وجودها فى مستودعات الترسيب التى تمر النفايات خلالها . وتُعامل النفايات فى المملكة المتحدة عن طريق عملية الثَّمْط المنشَّطة التى ابتدأ استخدامها سنة ١٩١٤ فى مانشستر ، مركز النشاط الخلاق . ومثل هذه النظم من المعالجة تقوم فقط بتحويل النفايات إلى صورة يمكن تصريفها بأمان إلى المجارى المائية ، أو إلى الأراضى . ولكننا نستطيع أن نفكر فى استخدامها كبيئة لتنمية كائنات حية ، أو كسبيل لإنتاج غازات كالميثان ، أو للتخمر أو للاحتراق . وهناك الآن عمليات مختلفة لتحويل مخلفات المنازل إلى وقود زيتى يمكن أن يحرَق فى محطات توليد القوى الكهربية . كما أن مخلفات النبات ـ مثل البجاس الذى يتخلف عن حصاد قصب السكر ـ يمكن أن تُحرق بكفاءة لتستخدَم كمصدر طاقة مكمل فى معامل التقطير . أما محلول صناعة الورق فيمكن أن يُقيم مزارع بكتيرية تنتج بروتين الخلية الواحدة . ويمكن أن تهضم بقايا المزارع لا هوائيا لإنتاج الميثان . وهناك من يقدر عدد منشئات الغاز هذه فى الصين بسبعة ملايين ، أما فى أوروبا فإنها ليست مغرية لأن المكسب الصافى من الطاقة على مدار السنة ليس كبيراً بالنسبة لرأس المال المستغَل . ولكن زيادة تكاليف ضخ الردغة إلى شبكة المجارى قد تغير الوضع .

إن مصانع الباسلاء المجمدة والمربب ومسحوق البطاطس المجهز تُلقِى فى شبكة الصرف بكميات كبيرة من السكر والكربوهيدرات ، كما تُلقَى أيضا فى البلاعة كميات كبيرة من المعادن كالزنك والنحاس والكادميوم والزئبق . ويمكن إعادة استخدام هذه النفايات بالمعالجة البيولوجية . وعلى سبيل المثال فهناك بكتريا

تستطيع تركيز النحاس ، ذلك أنها إذا نمت فى بيئة تحتوى على أملاح النحاس فإنها تقوم بالتدريج بتجميع كميات ضخمة منها داخل أجسامها تنقلها من البيئة المحيطة . ويمكننا أيضا أن نمرر النفايات الصناعية مثل بقايا الأسيتات المتخلفة عن صناعة الرايون خلال شبكة ألياف لنركز الزنك ، بل وهناك بكتريا تهوى اليورانيوم وتستخلصه ببطء من ماء البحر ، أما شاكرابارتى ، الميكروبيولوجى الذى عمل يوما بشركة جنرال إليكتريك وأصبح الآن مخلدا بكتب المراجع (أنظر صفحة ٩٨) ، فقد خلّق بكتريا تعيش فى سعادة فى نفايات مصانع الكيماويات ، وبكتريا غيرها تحلل مبيد الحشائش ٢ ، ٤ ، ٥ ـ ت . إن هذه المواد الكريهة تفتح شهيتها .

الواضح أن عمليات تجهيز النفايات هذه لها مستقبل ، حتى وإن كان الكثير من الآراء غير اقتصادى فى الوقت الحالى . والمشكلة حقيقةً هى ضمان ألا تُستخدم كعلاج تقنى لتنظيف بقايا العمليات الصناعية والزراعية الملوِّثة الغنية بالطاقة ، وإنما تضمَّن فى تصميم أسلوب الانتاج . ومن الممكن أن توضع فى قلب الطريقة التى يعالج بها مجتمعنا الكيماويات « التى يمكن تجديدها » .

إذن ؟

ماذا يعنى هذا كله ؟ إنه يعنى أولا : أن الضغوط الهائلة التى تتعاظم ، فى صناعة تغطى المعمورة لها تاريخ من النمو الواثق ، هذه الضغوط يمكن أن تتمخض عن بعض التطورات الخطيرة . فلابد أن يتم شىء لخفض تكاليف الطاقة واستهلاكها ، وهذا يعنى أن تعمل المصانع الكيماوية على درجات حرارة وضغط أوطى فى بعض الحالات . وإذا ما أمكن للبيوتكنولوجيا أن تنتج مواد بدء جديدة إذن لاستطاعت الصناعة أن تبدأ فى أن تعيد دورة المخلفات أو أن تعمل بكيماويات يمكن تجديدها بدلا من أن تحرق احتياطى الوقود الحفرى ، ولهذا ، حسب ما يبدو ، إغراؤه الخاص .

وثانيا : أن الواضح أنه لا يوجد حل وحيد رخيص سهل ، فكل الخيارات التقنية التى ناقشها لا يمكن أن تنفذ فى الوقت الحاضر إلا من احتياطى الصناعة ، فدرجة عدم الثقة فى الناحية التقنية والتجارية كبيرة حتى لتقف أمام رصد أى تمويل مباشر كبير ، ولكننا لابد أن نجد فى النهاية مواد بدء جديدة ومعاملات جديدة . غير أن الفجوة بين احتمالات المستقبل والواقع الحاضر فجوة كبيرة لا يمكن أن تُجسَّر إلا بالكثير جدا من الأموال .

وثالثا : أن هذا يقودنا إلى أنه أيا كانت الخيارات التى تختارها الشركات الكيماوية فإنها ستناضل لتحقيقها بعزم أكيد ، حتى لو كانت ستخلق مشاكل اجتماعية وسياسية خطيرة ، أما حقيقة أن توفير متطلبات المصنع الكيماوى من المادة النباتية يحتاج إلى زراعة مساحات واسعة ، فإنها لا تعنى أن تتراجع الشركات إذا ما شعرت أن هذا سيخدم أغراضها . ويمكن أن نتنبأ بثقة بأن استغلال الأرض -

لإنتاج الوقود أو مواد البدء أو الغذاء ـ سيصبح قضية سياسية واقتصادية خطيرة خلال العقدين القادمين . لقد ابتدأ برنامج الغازوحول فى الدول النامية بالفعل فى تغيير توجيه وبنية هذه الدول . فالبعض من هذا الكحول سيغذى شركات الكيماويات المحلية التى أسست بجوار مصانع مواد البدء الجديدة . ولكن بعضا من هذه الشركات ستكون مملوكة ـ بالكامل أو جزئيا ـ للشركات الأجنبية متعددة الجنسية والموجودة بالفعل .

وبنفس الشكل ، فالأغلب أن تزداد أهمية سياسات واقتصاديات النفايات وإعادة استخدامها . إن تباين المعاملات البيوتكنولوجية يعنى أنه من الممكن تحويل مصاصة قصب السكر وقوالح الأذرة وبقايا النباتات والحشائش إلى مجموعة من المنتجات مثل الغذاء والمخصبات البيولوجية والكحول . أما السؤال عن أى الاستخدامات نشجع ، فلابد أن يعتبر قضية سياسية أساسية لأنها تهتم بتحديد استخدام مورد اجتماعى ثمين . فالأغلب ـ برغم كل شىء ـ أن تكون أموال دافعى الضرائب هى التى ستضع البيوتكنولوجيا المعنية فى وضع يمكنها من الإنتاج .

وكل هذا يعنى أن التفكير فى نوع الصناعة الكيماوية التى ستوجد فى القرن الواحد والعشرين هو أمر قيد البحث الآن . ولكنه يتم فى ظروف مانعة للغاية . إن لمستقبل هذه الصناعة أهمية اقتصادية وسياسية بالغة ، ليس فقط لحملة الأسهم ولمن يعتمد معاشهم على أرباحها ، وإنما أيضا للعاملين فى الصناعة وللمستهلكين . ومن الصعب أن نجد ناحية من نواحى حياتنا المعاصرة لا تعتمد على منتجاتها . ومن الواجب أن تحظى مثل هذه المواضيع التى تدخل فى صميم نسيج وجودنا الاجتماعى بتفحص وتقييم علنى أكبر . ولكن ما يحدث الآن هو العكس .

إن شركات الكيماويات والطاقة ـ المتعددة الجنسية ـ هى الخلاصة لمعاهد مقفلة سرية لا يعرف الناس لغتها ولا طريقة صناعة القرار فيها . إن لديها الموارد لمحاكاة وإقامة المستقبل التكنولوجى ، وتفكيرها يسبق عصرها بعشر أو عشرين سنة ولا يهتم باستشارة من ستبدَّل حياتهم . إن الصناعة نفسها تزودنا بتصور لمجرى تتدفق فيه منتجات ومعاملات جديدة عن طريق مركز تحكم بعيد ، فإذا ما طلع عليها النهار ، أى بعد أن يشيد المصنع أو عندما تسوق السلعة الجديدة ـ فإنها تكون قد ضَمَّنت داخلها أنماطا من تنظيم العمل وتعريف الحاجة ، أنماطا تكون عندئذ أرسخ من أى تُعارض .

ومن خلال الدستور الخاص للتكنولوجيات ، تسرق الشركات الزمن من

الشعب ، الزمن الذى تستخدمه للبحوث والتطوير ، لتقييم الخيارات ، لتقرير أين ستصنع المنتجات الجديدة وبأية مواد وبأى نوع من العمال ـ الزمن الذى يمكن أن يُستغل فى مناقشة هذه الخيارات بشكل أوسع داخل الشركات وبشكل أعم مع المجتمعات المحلية ، قوميا ودوليا . إن تقرير المستقبل بهذه الطريقة الصامتة الانتقائية لا يمكن أن يتم دون مساعدة هذا الجيش من العمالة الذهنية : من العلماء والتكنولوجيين الذين يغذون التيار بأفكارهم ، وعلى هذا فإن تحويلهم ليعيدوا التفكير فى الأسس التى يبنون عليها تخطيطهم للمستقبل سيكون هو الموضوع الرئيسى للفصل الأخير من كتابى هذا .

٧ من هنا إلى أين ؟

تهريب المستقبل خارج قاعة مجلس الإدارة

كنت أحاول خلال الفصول الستة السابقة أن أثير إمكانات وتضمينات البيوتكنولوجيا . كنت أحاول أن أرسم شيئا لقرائى ، صورة تكنولوجية وصناعية لما هو ممكن ، ترتبط بتغيرات فى المفاهيم والإدراك ذات حدة وقوة هائلة . أردت لو أقول « والآن ، ألا ترى ؟ إن الأمر هكذا ! » ، ذلك أننى أعتقد أننا نعيش المراحل الأولى لتحول صناعى خطير ، بل ربما لثورة . إننى أعتقد أننا نعيد صياغة موقفنا من الطبيعة وتفاعلنا معها ، وأعتقد أن القوة وراء هذه العملية قوة مروعة . والمشكلة أن الظاهرة التى نحللها ظاهرة غاية فى التعقيد ، وهى أيضا ظاهرة طارئة ومائعة ، لم تتضح بعد طبيعتها واتجاهها .

وأنا أرى أن عملية إعادة تشكيل الصناعة والإيماءات بأن هناك شيئا جديدا يبزغ ، هى عملية ذات سحر لا نهائى ، إنها إعادة تجميع للقوى لا تحدث كثيرا . إن أمامنا الآن فرصة تاريخية نادرة يمكننا رؤيتها وهى تتحرك ، يكننا أن نشاهد استخدام مهارات التطعيم الجينى تفتح دورة أخرى من النمو الصناعى . والواضح أنه حتى لو انفجرت فقاعة الاستثمار الأولى فستبقى المنجزات التقنية وستظل تغير بحسم أفكارنا عن الممكن ، عمليا وصناعيا ـ وسنعود لهذه النقط فيما بعد .

فاذا ما بدأتَ تقفز فوق حدود النوع الحى ، بأن تبرمج فيه صفات نوع آخر ، فإنك لن تنسى هذا الدرس أبدا ، فهذه العملية تغير موقفنا عما تستطيع أن تفعله البكتريا والفطر والخميرة وخلايا النبات والنباتات وخلايا الثدييات وحيوانات المزرعة وخلايا الانسان ، والبشر ، إذ تُحرَّر الوظيفة أو تُنزع من النوع ، لتُنقَل إلى حيث يكون التعبير عنها أكثر نفعا وربحا ، فلم يعد هناك ارتباط ضرورى بين النوع وبين الوظيفة ، أصبح الارتباط بينهما طارئا يتوقف على رغبة المهندس الوراثى وبراعته . لقد غدا النوع الآن هو القسم من الكائنات الحية الذى نختار أن نقبله ، ولم تعد للطبيعة صورتها فى القرن الثامن عشر لوحة كبيرة من الأشكال العضوية ، سلسلة من الكائنات الحية ، ولكننا نتعلم الآن أن نتخيلها كبناء من

الأنشطة المبرمجة يعرض مدى واسعا من المكونات والنماذج لمن يود تصنيعها وفقا للطلب .

ما هي الاستعارة التى يمكن أن نستخدمها لاستيعاب بنية عملية التحول التكنولوجى هذه وأهميتها ؟ الواضح أنها شىء كالثورة . إنها ظاهرة اقتصادية خطيرة سيكون لها أصداء اجتماعية وسياسية ، ستؤثر فى نماذج التجارة ، وستغير قيمة الأصول الموجودة لدى بعض الناس إيجابا وسلبا ، وستضع بعض الصناعات فى مأزق ، وسيكون لها آثار خطيرة على البناء العالمى للقوى ، وهذا هو السبب فى قيام وكالات المخابرات - مثل وكالة المخابرات الأمريكية - بإرسال مندوبيها لمعرفة المشاريع . فإذا ما كان فى مقدورك إنتاج المخدرات بمزارع الخلية ، فكيف سيؤثر ذلك على تجارة الهيروين فى جنوب شرقى آسيا أو فى تركيا أو على تجارة الكوكايين فى كولومبيا ؟ وإذا ظهر أن بروتين البكتريا سيصبح غذاء رخيصا للحيوان ، فهل سيحتاج الاتحاد السوفييتى إلى شراء كل هذه الكميات من الحبوب من الخارج ؟ وإذا ماحل شراب الأذرة محل السكر كمُحلٍ ، فماذا سيحدث لجزر الكاريبى التى تستغل أرباحها من السكر فى قمع المعارضة ؟

وبالرغم من هذا كله ، فهى ليست ثورة بالمعنى السياسىِ المفهوم ، فهى ليست تمردا يوجهه حزب طليعى ، أو عملية تحرير سياسى تفجّر برامجها المزمعة للإصلاح . إنها قد تتسبب فى سقوط حكومات ، ولكن عن غير الطريق المباشر من خلال فقد الشرعية السياسية ، وإنما لأن التجديد يطلق قوى اقتصادية لا تستطيع الحكومات احتواءها . والواقع أننى أعتقد أن الأغلب أن تستبقى الصفوة الخطرة فى موقع السلطة ، وذلك بأن تعرض عليهم ارتباطات جديدة مع شركات البترول والكيماويات والأغذية والمستحضرات الصيدلية التى تبحث عن أراض تزرع فيها الكيماويات ، أو عن نفايات تستخدمها أو أسواق لمستحضرات جديدة ، لقاح ضد التهاب الكبد مثلا . وفى هذا السياق تبدو البيوتكنولوجيا العلاجَ التقنى لبعض المشاكل الاقتصادية ، الشىء الذى يروق المتخصصين من الطبقة الوسطى ، كما يفيد أصحاب الصناعة المحليين ، هكذا قد يكون الرأى فى برنامج الغازوحول فى البرازيل الذى فتح الأبواب لشركات العربات الأجنبية مثل فولكس فاجن ولشركات الكيماويات مثل شركة داو وشركة ميتسوبيشى . وقد يخدم الغازوحول الملايين من مالكى السيارات فى ساوباولو ، كما قد يهيىء طريقا آخر للحوار حول إعادة جدولة الرهون على أصول الدولة .

وتواجهنا بالطبع مشكلة تتمثل فى أن خبرتنا ولغتنا اليومية لا تتضمن المصطلحات التى تتوافق مع مرحلة التعقيد والعالمية التى وصلتها الأحداث . فليس لدينا المصطلحات التى نستطيع بها تصور عملية التغيير ، إننا نتعلق

بمصطلحات مثل « الثورة » أو « الانفجار » أو « الحدود الجديدة » ، آملين أن تصلح للإشارة إلى الحوادث المناظرة . ولكنها مصطلحات بالية ، على الأقل لأن تخطيط ومعالجة مثل هذه المراحل من التجديد يتم بعيدا عنا .

وأثناء كتابة هذا الكتاب سمعت أن الرئيس الجديد لشركة آى . سى . آى . ـ جون هارفى جونز ـ قد اعتكف ، كما اعتكف هوارد هيوز ، محاولا أن يرسم خطة جديدة للشركة . وهذه بالطبع ليست عملا منفردا للتنبؤ المقدس بمستقبل البتروكيماويات ، ولكن الدراسة التى ستقدم إليه والتى قام فريق من مخططى الشركة بتجميعها عن نشاط الشركة على اتساع العالم بجانب الآثار المحسوبة بالمحاكاة للنماذج المختلفة للاستثمار ولإغلاق المصانع وللتسويق وللدخول فى مشاريع المخاطرة المشتركة ، هذه الدراسة دراسة يندر أن يراها إلا القليل من الناس . تقوم الشركات متعددة الجنسية بإعادة تشكيل اقتصاد العالم فى جو من العزلة ، وهى ترسل أثناء ذلك إشارات يلتقطها المنافسون ومحللو الاستثمارات ، كما تستشير الحكومات فى موضوع الدعم والسياسة المالية ، وتشترى أحيانا القليل من النصيحة أو بعض الأفكار الجديدة إذا ما احتاج أصحابها المحليون تعزيزا أو حوافز . ولا يختلف الأمر بالنسبة لمعظمنا إن كانت القرارات قد اتخذت فى الأرض أو على المريخ إلى أن تعلن وتتضح آثار « الترشيد » .

ولكن ، هكذا نشأت البيوتكنولوجيا ، خلف الأبواب المغلقة ، والنتيجة ببساطة هى أننا لا نستطيع أن نتصور ما يحدث ، فالصورة متشعبة لحد كبير ، وهى متشابكة للغاية ، وهى بعيدة جدا عن خبرتنا ، ومعظمنا لا يعرف كيف تتفاعل الحكومات والشركات الكبرى والمؤسسات المالية ومستثمرو رأس مال المخاطرة والممولون العلميون . والحق أننى أعتقد أن معظمنا لا يسمع عن هذه الأشياء ، دعك من معرفة كيف تعمل لتخلق بعض التكنولوجيات ، إلا عندما تُنقل مثل هذه القضايا الهامة إلى وسائل الإعلام الجماهيرى . وبينما نحن نعجب أو نرتعد لدى قراءتنا التقارير المثيرة فى مجلة **عالم الغد** ، هناك من يعمل لوقت متأخر داخل المعمل أو فى المكتب أو فى المصرف لتسيير مشروعات لن تظهر فى المجال العام إلا بعد خمس سنين أو عشر أو عشرين .

فإذا ما بدا لك أن فى هذا مبالغة فتذكر أن مجموعة يونيلفر البحثية بدأت عملها على زيت النخيل سنة ١٩٦٨ ، وأن هناك فى شركة ج . د . سيرل ـ شركة العقاقير الأمريكية التى تمتلك معملا بيوتكنولوجيا ومعمل إنتاج فى هاى وايكومب ـ من المشاريع ما يرجع إلى أواخر الستينات ، وأن مصنع بروطين شركة

آى . سى . آى . يعـود إلى منتصف الستينـات ولكنـه ، بسبب تقلب والتواء الأسـواق العـالمية لمواد الغـذاء والبـزور الزيتية ، ربما لا يستطيع أن يقيم نفسه اقتصاديا إلا كصناعة كيماوية فى التسعينات عندما يعمل كاستثمار فى خبرة التخمر والميكروبيولوجيا المتقدمة . وتوضع الآن خطط للقرن الواحد والعشرين ، خطط تمحى فيهـا تمامـا التقسيمات بين صنـاعات كاملة ، كتلك الموجودة بين الطاقة والزراعة . كما يُغزل الآن نسيج عالمى لعلاقات اقتصادية وتكنولوجية تستخدم فيها الثمار الأولى للرعاية ، من خلال نتائج بحوث التعاقد لشركات الهندسة الوراثية .

هذه العملية إذن هى كيفية تدبـير أمـر التغـير التكنـولـوجى فى المجتمع الصناعى ، لأن اقتحام المستقبل سيولد تفاوتا هائلا فى الثروة والمنزلة والسلطة . لابد أن يهرّب المستقبل خارج قاعة مجلس الادارة ، وأن يطبق عمليا فى السر وإلاّ اعترض عليه من استمرت خسارته ولا يستطيع ملاحقة تغير أسلوب الإنتاج . والشىء المزعج أن الكثيرين من المرتبطين بهذا النشاط سيسعدون تماما إذا ماسار كل شىء فى طريقه الحالى ، حيث يأتى التخطيط وصناعة القرار أولا ، ثم يلى ذلك التشاور إن لزم ، وعلى أى حال فلم يكن العلماء وحدهم هم من ألح على الاشتراك لإخفاء البحوث فى حقل الـ د ن ا المطعّم ، فلقد سُمع الصناعيون أيضاً يقـولون « كفانا ما حدث ! » . إن السرية التجارية تتطلب ألاّ تذاع على الملأ قضايا معينة ، هكذا يقولون . تماما كما وقف ممثلوهم ضد تشريع السوق الأوروبية المشـتركـة الـذى يتطلب أن تذيع المؤسسات المتعددة الجنسية بياناتها التجارية للعمال . فإذا ما قبلنا هذا فلن يكون لنا حتى أن نناقش الاستثمار واختيار المُنْتَج وموقع المصنع وتنويع المشاريع ، فستظل هذه مجهولة إلاّ للقلائل فى مجالس إدارة الشركـات ، حتى تظهـر كأمر واقع . وتبقى سرا الصورةُ المتخيَّلَة للمستقبل ، والأولـويات ، والخيارات ، ومجالات الشك والخلاف ، وقيمة المهارة والعمل ، والاستقلال ، تماما كما تخفَى شخصيات وكفاءة وذكاء من يتخذون القرارات .

من بين مخاطـر هذا النوع من التقارير أننا ننحو دائما نحو تجميع مختلف الشركـات والصنـاعـات وقطاعات الاقتصاد ، ثم نضفى على مديريها عمقا فى الإدراك والعزم يفتقدونه ، فنرى « الاستراتيجية » فى كل شىء . من الطيب جدا أن نرى الشركـة ممثلة فى ناسـك هجـر العـالم إلى برج ميلبـانـك بشركـة آى . سى . آى ، ولكن تطوير الشركة لا يمكن أن يكون بمثل هذا التروى أو التزامن أو الكفاءة ، لا ولايمكن أن يكون الطريق إلى المستقبل بهذا الوضوح ، إنما هو موضوعُ موازنةٍ لمجهولات ثم التوصل إلى اتفاق على ما يمكن أن ينجح بالنسبة للشركة . ورغما عن ذلك فمازال من الصحيح أن البيوتكنولوجيا تتطور عن

طريق التفكير فى الخفاء ، كما أنه من السهل أن نتخيل ملايين الدولارات والينّات والماركات الألمانية والجنيهات الإسترلينية فى حركتها المحسوبة بدقة نحو مشاريع خطّطها بدقة رجال مال ومدراء استثمار . والحقيقة أن السّعار لشراء أسهم شركتى جيننتك وسيتوس ، وما شابهها من الأوراق المالية فى إنجلترا ، إنما يشير إلى أن بعض الاستثمار قد يكون أىَّ شىء إلا أن يكون منطقيا . لقد حدث تزاحم متهور لحيازة أسهم صناعة رَوَّجت عن نفسها بنجاح صورةً تقول إنها رائعة وسريعة التحرك وابتكارية ومربحة جدا فى المدى غير البعيد .

ليست هكذا كل استثمارات البيوتكنولوجيا . ذكرتُ فى الفصل الثانى المراحل التى تمر بها هذه الشركات الصغيرة . ومع كل من هذه المراحل لابد من بعض المزايدات والتقييم ، وأحيانا لاتتم الصفقة إذا ما كان الحماس قد انتهى ، وهنا ينسحب المستثمرون وتنكمش الشركات أو ترفت ثلث موظفيها ، وقد تُخذل الشركات إذا ما طلب ضامنوها عائدا ضخما كما حدث لتجمع شركات علم الـ د ن ا الذى أقامته شركة بشارع وول ستريت اسمها ا . ن . هاتون . وقد يتم تكوين هذه الشركات كوقاية من الضرائب ، نعنى أنه حتى لو أخفقت الشركة فمن الممكن أن يعيد الممولون الأذكياء تجميع الخبرة لتسيير آلة استثمار توجِّه رأس المال الفائض بسلام بعيدا عن الضرائب . ولا تختلف عملية لورد روتشيلد ، التى حدثت فى جرسى ، عن هذا . لقد كان عليهم أن يذيعوا أن العدد الذى يستحق التعضيد من المشاريع التى عُرضت عليهم كان قليلا جدا ، وبذا لم ينفقوا الكثير من أموالهم .

وقد أنشأت شركةُ برود نشيال للتأمين ، شركةَ بروتيك التى تعتبر فى الواقع عملية لرأس مال المخاطرة ، وهى تقوم بحذر وهدوء بالتمحيص والاختيار والاستثمار فى مشاريع للتكنولوجيا العالية ، لاتقتصر على البيوتكنولوجيا . وليس فى عملها هذا أى تهور . ويبدو أن هذا أيضا هو سلوك جماعة التكنولوجيا البريطانية (ج ت ب) (تضم ج ت ب ما كان يسمى المجلس القومى للمشاريع الذى أُنشىء فى منتصف السبعينات كبنك تجارى تملكه الدولة ، بغرض التمكن من بعض السيطرة على الاستثمار الرأسمالى فى المناطق الرئيسية للصناعة البريطانية ، ويبدو أن دوره الآن قد أصبح أكثر اهتماما بتسهيل استثمار القطاع الخاص) .

يمكننا أن ننظر إلى هذا النشاط الحكومى بطريقتين على الأقل . فقد يكون هذا النشاط وسيلة لضمان قرارات الاستثمار الصناعى ، باستخدام أموال دافعى الضرائب فى تقوية عزم كبار مستثمرى القطاع الخاص للاشتراك فى الأرباح

المحتملة حتى تباع حصة الجمهور من الأسهم ، كما يمكن أن ننظر إليه باعتباره طريقة للوصول إلى الشرعية الصناعية للقرارات المتعلقة بأموال الجمهور ، وللحكومات على أى حال طريقتها لتبديد الأموال فى التكنولوجيا العالية . وأى من الطريقتين يعنى أن شيئا لن يتم حتى يتوافق المشروع المفحوص مع معايير محددة متعارف عليها يقبلها المستثمرون عما يشكل النمط الصحيح للاستثمار . لن يستطيع أحد أن يحصل على المال ما لم يرتدِ معطف المعمل الصحيح ، على الأقل إذا اتجه إلى المصادر العادية .

الابتكــار كسبــاق

إن النقطة المحورية فيما كنت أقوله حتى الآن هى أن الأحلام الصناعية للبيوتكنولوجيا وتفسيرات رجال البنوك لها فى مواجهة الواقع المالى ، هذه الأحلام موضوع خاص جدا ، فالحوار حديث من جانب واحد ، حوار متكتم وفعال . يظهر المال ، يجمع الفريق ، تبنى معامل التخمير ، وتُخطط التسويق . وحتى هذه المرحلة لن تكون هناك عادةً أيةُ إشارة للجمهور بأن هناك عملية جديدة فى طريقها قريبا إلى الظهور . والواقع أنه بالوصول إلى هذه المرحلة تكون الأولويات قد حُسمت من سنين ، والأهداف رسِمت بالفعل عندما أجريت البحوث التمهيدية . فإذا ما أردنا أن نغير طريقة تحديد الأغراض التى من أجلها خلقت البيوتكنولوجيا وغيرها من التكنولوجيات ، فإن علينا يقيناً أن نركز اهتمامنا على بدء العملية ، فإذا ما تركنا هذه المرحلة جانبا ، وأهملنا تمحيصها وتحليلها بسبب الاعتقاد بأن موالاة البحث موضوع منفصل بشكل أو بآخر عن تطبيقاته ، فإننا نضيع الفرصة للتدخل فيما بعد ، فى مرحلة التطوير والتتجير . ولعل هذا هو السبب فى أن قرار تعليق النشاط فى بحوث الـ د ن ا المطعَّم كان تجربة ، لإشراك الجمهور ، مثيرة ذات مضمون هام ، وهذا هو السبب فى أنه من المحزن أن يتحول النقاش بعيدا إلى الأخطار المتوقعة ليُترك نشاط التخطيط والاستثمار يمضى فى طريقه بعيدا عن الجدل ، وهذا هو السبب فى أنه من المفيد التركيز على تشكيل البيوتكنولوجيا عن طريق علماء المعامل الذين يستخدمون المال العام . إن مجتمعنا هذا هو الذى يهتم بتطوير علاقة حميمة مع صناعة القطاع الخاص ، فى خطوات ستؤدى فى القريب العاجل إلى استحالة فصلهما ، أوستجعل من المستحيل القول بأن تعايشهما غير طبيعى وغير صحى ولا يشبع حاجة الطرفين .

أود أن أعتقد أنه من الممكن أن يكون للبيوتكنولوجيين رفاق آخرون يدافعون عنهم ، وأن يكون فى تغيير التوجيه ما يمنحهم الاعتراف والتوقير والأفكار الجديدة ، ويبدو أن البيوتكنولوجيين فى الوقت الحالى فى بريطانيا يحاولون جهدهم

أن يجذبوا نظر الحكومة للحصول على الموارد للتوسع ، فلا يقابلهم غير الاهتمام المهذب ليس إلاّ ، اهتمام لا يليه أى كرم حقيقى . وليس هناك من شك فى أن البيوتكنولوجيين يشعرون هنا بأكثر من مجرد تضييق الخناق عليهم ، وبأنهم لا يحصلون على التمويل الكافى ، وبأنهم قد أسىء فهمهم ، وبأنهم يغبطون زملاءهم الذين هاجروا إلى أمريكا أو سويسره . كم من الوقت إذن سيمضى قبل أن نسمع حكايات عن كبار بحاثنا وهم يرحلون إلى البرازيل أو كوريا الجنوبية ؟ قال أحدهم مؤخرا : « لقد تطور الأمر من الفاسد إلى السيىء » ، وكان هذا هو أكثر ما استطاعه من قولٍ فيه شىء من البهجة . وكل هذا يرجع إلى أن البيوتكنولوجيا حقل يحتاج إلى قدر كبير جدا من أموال التطوير حتى يمكن تحويل الأفكار المعملية إلى عمليات تجارية ، فى مدى زمنى يعطل الجميع إلا المستثمرين الأكثر عزما وخيالا . كما أن البيوتكنولوجيين ينظرون إلى دول أخرى مثل اليابان وألمانيا الغربية وفرنسا والولايات المتحدة ، وهم يعرفون أنهم الممثلون القوميون فى سباق التكنولوجيا ، ويشيرون فى يأس إلى مدى الدعم الذى يلقاه منافسوهم .

وأنا لا أعرف إن كان لديهم جميعا نفس هذا الاحساس ، ولكن المؤكد أنه موجود لدى البعض ، وأحب أن أترك موقفهم يُعبّر عن وجهة نظر خاصة فى الابتكار التكنولوجى تقول إنه سباق بين جماعات بحثية ، فيه من يربح ، فيحصل على الاعتراف والتمويل على طول الطريق حتى موقع السوق ، وفيه من يخسر ، ممن يتجول داخل أروقة السلطة باحثا عمّن يستمع إليه . وقد لا يكون السباق مجرد سباق بين معامل معينة أو شركات معينة ، ولكن الأغلب أن يتم على المستوى القومى ، بين صناعات بأكملها بعضها يحفزه دعم حكومى وقطاع مالى مغامر والبعض تقعده تعويقات البيروقراطية ورجال بنوك حذرون . والمؤكد أن هذه الفكرة عن التكنولوجيا وعن الاحتمال القائم بتخلفنا وسقوطنا فى السباق فكرة غالبة فى بريطانيا الآن ، ترتكز على التخلف الواضح لبعض المؤسسات البريطانية فى الاستمرار فى إنتاج البضائع التى يمكن تسويقها عالميا ، سواء منها المفاعلات الذرية أو الآلات أو الأحذية أو الألياف الاصطناعية أو السفن .

ونحن نلقى اللوم على عوامل كثيرة ، من بينها المستوى المنخفض للكفاءة التقنية للمدراء البريطانيين ، وتحصين بعض القطاعات بعقود الحماية ضد النظام الخشن للسوق ، ومحافظة المؤسسات المالية داخل المملكة المتحدة واستعدادها للإقراض خارج الدولة ، وقوة قطاع الخدمات ، وعناد اتحادات نقابات العمال فى مقاومة التجديد فى موقع العمل . وأيا كانت مجموعة العوامل التى تؤثر فى إعاقة معدل التجديد ، فمما لا شك فيه أن الكثيرين من التكنولوجيين والعلماء التطبيقيين ـ ممن يميلون ناحية التطوير أكثر من البحوث ـ يقفون ضدها ، فهم

يخشون أن تقف عملية التجديد أو تعرقَل ، أو على الأقل تبطىء بشكل خطير ، فى الـرحلة مابـين الإبـداع وبين توطيد سوق ناجح ، ذلك أن المولين أو كبار الاداريين أو الــوزارات قد لا يستمــرون فى الاستثــمار حتى غايتــه ، أو قد لا يتحركون بالسرعة المطلوبة .

أمـا بالنسبـة لمن يميلون ناحية البحـوث فإن الـوضع يختلف . لقد كان الإنفـاق سخيا على البحـوث الأساسية فى بريطانيا بعد الحرب ، على الأقل فى مجالات العلم ذات المرتبة الأسمى مثل البيولوجيا الجزيئية . أما الآن ، فإن صفوة البـاحثـين يجدون مجالاتهم تضمحـل ، ومـواردهم تتنـاقص مع خفض ميزانية البحوث ، ومع التغير التقنى الذى يقرب عملهم من حاجات الصناعة ، وهم يعانون من الحاجة إلى بيع بحوثهم لممولى شركات متشككين . لقد دُفع بهم إلى الأرض الصخرية لعملية التتجير .

والبعض منهم لا يرى فى هذا شيئا سيئا ، ففى بيئة بريطانيا تاتشر ، تلك البيئـة الجافة الذاتية الاعتماد ، يبدو الخوض فى موضوع التمويل مهنة تكتشف ودفقة طالما أُنكرت . ولكن هناك عبر النطاق السياسى بالجامعات ـ يكمن خوف من أنه أيا كان ما تقدمه السياسة القومية للبقاء فى سباق البيوتكنولوجيا فسيكون قليلاً ومتأخرا جدا . وقد ذُكر ذلك فى المقال الافتتاحى لمجلة نيتشر عدد أبريل ١٩٨٠ كما يلى :

« كان من المؤسف أن يرى العلماء فى بريطانيا ، ومن بينهم المسئولون عن بعض الكشوفات الرائدة ، المولين بالولايات المتحدة وقد بدأوا سلسلة من الأعـمال الصغـيرة برأسمال المخاطرة غرضها تحقيق ربح عاجـل من التكنيكـات الجديدة ، بينما لا يظهر شىء مناظر لهذا فى المملكة المتحدة . ولم يظهر شىء حتى الآن .

لاولم تتحــرك الصنـاعــات الـبريـطانيـة الـراسخـة ـ باستثنـاءات قليلة ـ بالسرعـة المطلوبـة لاستغلال التكنيكات الجديدة ، وقعدت معـظم الشركـات هانئـة تنتظر الفرصة ، بدلا من أن تقوم بتمويل البحـوث المبشرة بالنجـاح التى تحتـاج لتمـويل طويل المدى لإثبات قيمتهـا . صحيـح أنـه لم تُجمـع بعـد من البيـوتكنـولـوجيا ثروات حقيقيـة ـ نقصـد ما هو ليس ثروات ورقيـة ـ ولكنّ هذا سيحـدث ولا شك . وبـالـرغم من ذلـك ، فمازالت الـلامبالاة واضحة لدى الصناعة البريطانية » .

وقد حدثت بعض هذه الأشياء الآن . فلدينا بعض شركات صغيرة من شركـات رأس مال المخـاطـرة ، منهـا واحدة نصف تمويلها حكومى هى شركة

سلتِك . ولكن القلق ما يزال موجودا بشأن درجة الاهتمام الصناعى والحكومى . وقد حاولت افتتاحية نيتشر أن تتحدث بلسان قطاع من قطاعات المجتمع العلمى وأن تعبر عن استيائها من بطء التحرك على جبهة البحوث ، وأعطى البيوتكنولوجيون بدروهم إيحاء بأن أبحاثهم لا تحصل على التمويل الكافى ، وأن هناك فقط بضعة وظائف قليلة دائمة لمن هم فى طريقهم للنجاح ، وأن تخفيض الميزانيات يقلل الموارد ، وأن لجنة المنح الجامعية ومجالس البحوث والحكومات ، كلها - فى مرح - لا تبالى بما يحدث .

من الخطأ أن أترك الانطباع بأن أيا من هذه المؤسسات لا تهتم حقا بتشجيع البيوتكنولوجيا ، فعندما خفضت ميزانيات الجامعات بشكل حاد ، جنبت لجنة المنح الجامعية مبغ ٨٠٠٠٠٠ جنيه خصيصا لدارسى البيوتكنولوجيا ، أما مجلس بحوث العلوم والهندسة فقد أسس إدارة للبيوتكنولوجيا ، لتمويل بحوث مختارة فى هذا المجال . كما أن هناك لجنة بَيْنَوزارية فى الحكومة أُنشئت لتنسيق أعمال وسياسات الوزارات المختلفة المهتمة بالبيوتكنولوجيا . ولكن البعض يرى أن هذا لا يكفى مقارنة ببرنامج التمويل الهائل فى فرنسا وألمانيا ومقارنة بدينامية شركات البحوث بالولايات المتحدة . وهناك شعور بأن النموذج التاريخى للفشل فى أخذ الإبداع مأخذ الجد سيتكرر مرة أخرى . فعندما عُقد المؤتمر الأوربى الثانى للبيوتكنولوجيا فى إيستبورن فى أبريل ١٩٨١ ، توجه إلى مكان الاجتماع كلٌ من دنكان ديفيز ، كبير العلماء فى وزارة الصناعة ، وسير جوفرى آلن ، وكان عندئذ رئيس مجلس بحوث العلوم والهندسة ، وكان ذلك كما يقال بناء على نصيحة أحد أعضاء البرلمان ، لتبرير السياسة الحكومية الحالية أمام مستمعين متشككين ، ولم يذعنا إلا قليلا للنقاد المتذمرين من نقص الدعم الحكومى .

وكانت الضجة الإعلامية فى مجال الصناعة مشابهة . فاللجنة البرلمانية المنتخَبة لوزارة التعليم والعلوم ، وهى مجموعة أعضاء البرلمان من كل الأحزاب التى تفحص أنشطة هذه الوزارة - هذه اللجنة تلقت فى ربيع ١٩٨٢ بيانات من منظمات مختلفة ، أكاديمية وحكومية وصناعية . ومن الصناعة جاءت وجهة نظر تقول بضرورة أن يؤخذ تشجيع تكوين قاعدة بحثية مأخذاً أكثر جدية . وقد توصلت اللجنة البرلمانية إلى أنه يلزم أن تبتدىء وزارة الصناعة بوضع التنظيم اللازم وأن تنشط استراتيجية لتطوير البيوتكنولوجيا فى المملكة المتحدة . ولكن ، كان هناك إحساس واضح بأن معالجة الحكومة للإبداع كانت مسترخية للغاية وغير متماسكة . كانت رسالة البيوتكنولوجيين إذن هى أن الأسواق موجودة ، وأن المنتجات يمكن أن تُطوَّر ، وأن الباحثين مستعدون للعمل ، إذا ما أنفقت الحكومة من مالها لزرع الاستثمار والتجير بطريقة متناغمة .

ولأن البيوتكنولوجيا مجال متنوع من النشاط العلمى ، فإن جماعة المناورة الوظيفية فى إنجلترا تكون اتحادا من العديد من الجمعيات العلمية يسمى لجنة التنسيق البريطانية للبيوتكنولوجيا ، وتنشغل قياداتها البارزة على الدوام فى الصراع من أجل زيادة الموارد لمشروعهم الجماعى . والواضح أنهم يشعرون أن كل شىء قد يتحطم : مثلا بسبب هجرة العلماء الجماعية أو بسبب الفشل التجارى الذريع لبعض المنتجات الجديدة الذى يتسبب فى توقف الاستثمار ، أو من جراء تخريب القاعدة البحثية بسبب الانحسار الاقتصادى . ولهذا يندر أن ينبس مؤيدو البيوتكنولوجيا بكلمة واحدة عن نواحيها السلبية المحتملة . وربما كان من الغريب أن يكون التكتم على هذه الأمور أقل شيوعا فى أمريكا حيث الثقة ـ على ما يبدو ـ أكبر فى نجاح البيوتكنولوجيا . وكما أن هناك ثقة فى أن يتمكن الممولون من إنتاج سلعهم وتسويقها قبل منافسيهم ، أو بالرغم منهم ، فهناك أيضا بعض التفاؤل المعلَن ـ وهو تفاؤل لا يخلو من الغرض ـ بأن المشاكل التى يواجهها النشاط التمويلى يمكن تخطيها . أما أشكال « التحول التكنولوجى » الأكثر عدوانية الصادرة عن الجامعة أو المعاهد الحكومية ، فقد تسبب التوتر ، ولكنها مما يمكن تصريفه .

تضارب المصالح كمشكلة يمكن تطويعها

لاحظ العلماء وغيرهم منذ سنة ١٩٧٤ ، بارتياح ، أن ا لجدل العلمى فى بريطانيا كان أكثر انضباطا ومعقولية مما هو عليه فى الولايات المتحدة ، فلم تناقش جامعة بريطانية واحدة أخطار بحوث الـ د ن ا المطعَّم ، ولم تنظم أية جمعية علمية موقرة فى المملكة المتحدة ندوة مفتوحة عن التضمينات الاجتماعية للبيوتكنولوجيا كما حدث فى واشنطن وأمستردام ، ولم تناقش أية لجنة برلمانية مواضيع تعديل قانون البراءات وأثر التورط التجارى على البحث الأكاديمى . ولقد حدث كل هذا بالخارج ، فى الولايات المتحدة أساسا .

وأنا لا أرى هذا انتصارا للعقل العام فى بريطانيا على الجدلية الأمريكية ، وإنما أراه كارثة ثقافية ، لقد كان الأثر السلبى لمثل هذا الجدل على البحث الأمريكى بسيطا جدا ، بينما كانت الآثار الإيجابية حقيقية وثابتة . ويعتقد شارلس واينر المؤرخ العلمى الأمريكى أن مثل هذا الجدل قد خدم فى الواقع فى إسراع عجلة التقدم العلمى ، ولم يعمل إطلاقا كمعوق ـ بل بالعكس ، لقد جذب انتباه من بيدهم المال بشكل أسرع بكثير مما هو مألوف بالنسبة لحقول البحث الجديدة ، بل إن البيروقراطية التى أقيمت لمراقبة البحوث ، نقصد مكتب أنشطة الـ د ن ا المطعَّم بالمعهد القومى للصحة ـ وهو مكتب أبعد من أن يكون مكلِّفا وغير مقبول

ومزعجا كما يدعى بعض العلماء ـ هذا المكتب ، كما يقول واينر ، قد سهل الاتصال بالنسبة لطرق البحث وبالنسبة لتوحيد مفيد للإجراءات . أما الجدل العام بالولايات المتحدة ـ وكان بعضه كاريكاتيرا ووهما وهلعا من « الجانبين » ، وكان بعضه الآخر عارفا ومنطقيا ـ هذا الجدل قد خدم فى وضع الفروض الضمنية تحت الفحص وفى إماطة اللثام عن العقائد الدوجماتية ، ثم خرجت أمريكا من هذا كله مجتمعا أكثر تسليما بالجدل بين المتخاصمين وأكثر هدوءا عند حدوثه ، وأصبحت أكثر تقبلا للنزاع المفتوح كوسيلة للحل بدلا من الادعاء بعدم وجوده . ربما انتُهكت بعض مبادىء السلوك الرسمى وبعض السياسات التنظيمية فى نهاية الجدال ، تماما مثل القواعد العرفية للسلوك السوىّ والدماثة ، ولكن ـ على الأقل ـ ستطفو على السطح مبكرا المشاكل المحتملة، وتصبح الوسائل التنظيمية لتقليب أوجه الأمر معروفة وأقوى .

ولعل فى المثال التالى ما يوضح ما أعنيه ، وهو مثال يتعلق بإنشاء معهد بحوث لعلوم الحياة فى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (م م ت) ، فقد كوَّن إدوين سى . هوايتهيد ثروة من شركة لإنتاج الأدوات الحيوية الطبية اسمها تكنيكون ، كانت تبيع من بين ما تبيع أجهزة التحليل الأوتوماتيكى للدم وتجنى من ورائها أرباحا طائلة . وفى الوقت المناسب باع هوايتهيد شركته لشركة ريفلون العملاقة لمواد التجميل ، ليمتلك حصة من ريفلون ويحقق ثروة شخصية ضخمة . وماتزال لدى الرجل اهتمامات رجال الأعمال ، وسنعود إلى ذلك حالا . وفى خلال السبعينات بحث عن معهد بحوث فى جامعة أمريكية يوقف عليه مالاً ، ولكن ثبت ـ لأسباب لا نعرفها ـ أن هذا أمر صعب التحقيق ، وقد كان فى إحدى المراحل على وشك التوصل إلى اتفاق مع جامعة ديوك فى نورث كارولينا ، ولكن الصفقة لم تتم ، ولم يفسر لنا أحد السبب فى أن يحتاج الأمر كل هذا الوقت للعثور على جامعة ترغب فى قبول الـ ١٢٥ مليون دولار التى عرضها هوايتهيد الآن على م م ت .

بسبب هذه الصعوبات ، استأجر هوايتهيد جوشوا ليدربرج (الذى حصل على جائزة نوبل لعمله فى الوراثة الجزيئية ، والذى يشغل الآن منصب رئيس جامعة روكفلر فى نيويورك) ليبحث عمن يود أن يدير معهداً له الشكل الذى يتصوره هوايتهيد . وليس من الغريب أن يوجد من بين حاملى جائزة نوبل من يصلح لعملية اقتناص الرءوس هذه ، ولكن النبالة ـ على ما أعتقد ـ لا معنى لها دون سلطة الولاية ، وكان ليدربرج نفسه قد دخل فى حقل البيوتكنولوجيا التجارية مبكرا ، كواحد من مؤسسى شركة سيتوس ، عندما كان لايزال بعيدا فى الساحل

الغربى للولايات المتحدة . وعن طريق ليدربرج تقابل هوايتهيد مع دافيد بالتيمور ، الحاصل على جائزة نوبل لعمله على فيروسات الأورام ، وأستاذ البيولوجيا فى م م ت ، وقد أسفرت هذه المقابلة عن اتفاق بأن يرأس بالتيمور معهد هوايتهيد حيثما أقيم . ثم بدأ تحمس العديد من الجامعات ، ومن بينها جامعات ستانفورد وروكفلر وهارفارد ، لقبول هذا المعهد المقترح ، لا شك بسبب ارتباط بالتيمور به . وأخيرا أنشىء المعهد فى م م ت . وقد تسبب إعلان الارتباطات المقترحة مع الجامعة فى عاصفة ، ومُنع أعضاء م م ت فى بادىء الأمر حتى من المناقشة العلنية لما يعرفونه من تفاصيل عن عرض هوايتهيد . ثم ابتدأت المعلومات فى الخروج إلى الضوء بالتدريج ، لتؤدى إلى جدل واسع النطاق بين أعضاء م م ت فى نوفمبر ١٩٨١ إنتهى بالموافقة على مبدأ منحة الـ ١٢٥ مليون دولار المقترحة .

وقد بزغت ثلاث قضايا تستحق المعالجة الناقدة ، وهى أولا : وجود معهد مستقل يرتبط بـ م م ت ويستفيد من هيبته ، وإن كان الأخير يسيطر عليه رسميا . وثانيا : هناك خلافات محتملة فى الاهتمامات يمكن أن تؤثر فى مدير المعهد وبحاثه . وثالثا : يدعى بعض النقاد أنه يمثل استيلاءً رأس مال خاص على مجال من البحث الأساسى دون تأمين حقيقى لمصالح الجمهور .

تسطيع بمبلغ ١٢٥ مليون دولار أن تشترى الكثير من الطوب والحديد والزجاج ، والكثير من الأجهزة العلمية ، وعددا مدهشا من الناس . كان المفروض أن يكون عدد موظفى معهد هوايتهيد مائتين ، منهم ١٣ من أعضاء م م ت وتدفع مرتباتهم من ميزانية هوايتهيد . وقد رأى البعض هنا مشكلة حقيقية بالنسبة للسلطة والمسئولية . وعلى سبيل المثال ، من يسيطر فعلا على قضايا مثل الترقية ووقت الغياب السبتى من الجامعة وحجم الاستشارات للصناعة واستخدام باحثى هوايتهيد فى التدريس : لجانُ م م ت أم مدير المعهد ؟ ربما بدت هذه مجرد شكليات ولكنها أساسية للعلاقات الاجتماعية الصحية بين أناس متنافسين . وقد تخوف بعض رجال م م ت من أن باحثى المعهد ربما استخدموا اسم م م ت لتفخيم بحوثهم دون الاعتراف الواجب بديْنهم نحو م م ت .

أما النقطة الثانية فتنتج بالضرورة عن النقطة الأولى ، ولكنها تتعلق بالمال لا الوضع القانونى أو التزامات التدريس أو الإشراف على البحوث . فإدوين سى : هوايتهيد يعمل كصاحب رأس مال مخاطرة وله استثمارات فى شركتين على الأقل من شركات البيوتكنولوجيا هما شركة وراثة النبات وشركة ليبوسوم . والليبوسومات كريات صغيرة من مادة دهنية (ليبيدات) تستخدم فى حَزْم المواد البيولوجية كالمضادات الحيوية والعقاقير الكيماوية العلاجية بل وحتى الـ د ن ا ، لتنقل إلى مواقع معينة من الجسم دون أن تتعرض لهجوم الإنزيمات والأجسام

المضـادة . إنها تكنيك قد يكـون له تطبيقـات فى العـلاج الكيماوى ، لاسيما للسرطان ، وكذا فى الهندسة الوراثية . وقد وُثق بالفعل . ليس هناك ـ على ما يبدو ـ أية علاقة ظاهرة بين الاستغلال التجارى لليبوسومات ووراثة النبات وبين البحوث فى البيولوجيا التطورية التى هى بؤرة برنامج معهد هوايتهيد . ولكن من اليسير أن تظهر هذه العلاقات ، وأن يكون لها ، كما يقول النقاد ، أثر قوى على البحوث التى يفترض أنها منزهة عن الغرض ، وتحت هذا الوضع يصبح معهد هوايتهيد جناحا مُنكَرا لشركات هوايتهيد . ويدعى بالتيمور أن هذا لن يحدث ، كما يدعى أن المشكلة إن ظهرت فمن السهل حلها بأن يبيع هوايتهيد الشركتين المعنيتين . ومن المشكوك فيه أن يتخلى المليونيرات عن استثمارات عظيمة الربح لمثل هذا السبب ، ولو أن هوايتهيد ربما كان شخصا استثنائيا .

وربـما كان للتـورط التجارى لأعضاء معهد هوايتهيد أنفسهم نفس هذه الأهمية ، لأنهم أكثر ارتباطا بالأبحاث الواقعية الجارية ، فلدافيد بالتيمور استثمار كبير فى شركة تسمى كولابورتيف ريسيرش أوف والتهام ، بماساتشوستس ، وهى شركة تساندها شركة داو للكيماويات . وقد قيل إن هذه الحقيقة لم تكن معروفة للبعض من هيئة م م ت عند مناقشة موضوع هوايتهيد ، وإنهم لوعرفوا ذلك ، لركزوا بالتأكيد على موضوع التضارب المتوقع فى المصالح .

والواضح أن العلاقة بشركة كولابوريتف ريسيرش هى أكثر ما يشغل بال الناس ، إذ يعمل بالتيمور مستشارا للشركة ويمتلك ٣٠٠ ٠٠٠ سهم فيها قيمتها نحو ثلاثة ملايين دولار ، وقد قضى دافيد بوتشتاين ، زميله فى م م ت ، سنةً سبتية هناك ، وكذا أيضا جيرالد فينيك ، من جامعة كورنيل ، الذى ربما التحق بمعهد هوايتهيد . وكما قالها مدير بحثى :

> « إن لديهم صراعا فى المصالح متوقعا ، ذلك أن م م ت ـ على الأقل من الناحية النظرية ـ لا يمكنه التأكد من أن تحديد من توثق باسمهم البراءات لن يقرره أناس لهم مصالح مؤكدة فى أن يكون التوثيق باسم شركات معينة » .

والتضمين هو أن عائد الأبحاث التى تجرى فى م م ت قد يُفضَّل تحويله ـ وعلى حساب م م ت ـ إلى شركات لباحثى هوايتهيد فيها مصالح تجارية .

ويرى البعض أن هذه المشاكل يمكن حلها بسهولة عن طريق لجنة إشراف داخـل م م ت ، وسياسـة تتـطلب الكشف العلنى للمصالح التجارية . ولقد حاول دونالد كنيدى رئيس جامعة ستانفورد جاهداً أن يرفع العائد من استخدام الأبحـاث فى الصنـاعة وبالتالى كان عليهم أن يفكروا جيدا فى هذه المشاكل ،

فلجامعة ستانفورد ـ مثلا ـ مجموعة جديدة من القوانين المتعلقة « بالملكية الملموسة للبحوث » ـ مثل خطوط الخلايا ـ وُضعت بعد الخلاف بين جامعة كاليفورنيا بلوس أنجيلوس وبين شركة جينتتك على استخدام خطوط الخلايا المنتجة للإنترفيرون . وهناك لجنة للبحوث تنظر فى استشارات أعضاء الكلية بجانب توظيف طلبة الدراسات العليا وما أشبه ، وربما كانت هناك قواعد تمنع جامعة ستانفورد من المشاركة بالاستثمار فى المشاريع الخاصة بأعضاء الكليات .

وقد أُثير هذا الموضوع عندما فكرت جامعة هارفارد فى استثمار أموالها فى شركة كان يؤسسها واحد من أساتذتها هو مارك بتاشنى . وقد تسببت هذه الخطوة فى جدل واسع ، ثم رفض أعضاء الجامعة الاقتراح عند التصويت عليه ، إذ شعروا أن توزيع الاعتمادات داخل الجامعة قد يتأثر بسهولة تحت الضغوط التجارية بسبب العلاقة المباشرة بين بحوث فريق الجامعة وبين الثروة المالية للجامعة ككل .

غير أنه من الجائز أن تستثمر الجامعة فى البيوتكنولوجيا بشكل غير مباشر . وعلى سبيل المثال فإن شركة أدفنت مانجمنت ليمتد تستثمر تمويلا من جامعتى أكسفورد وكامبريدج فى تكنولوجيات جديدة ، وستكون الهندسة الوراثية فى الوقت المناسب من بين هذه التكنولوجيات . أما ستانفورد ، التى تبدو الرائدة بين الجامعات فى التورط التجارى ـ فلها قانون يتطلب كشف الارتباطات الصناعية عند طلبها ، والمعتقد أن هذا يكفى لوقف بعض المشاكل القبيحة للمصالح المتضاربة . وتتفق بريطانيا وأمريكا على الفكرة العامة بأنه من الممكن معالجة مثل هذه المشاكل وأنه من الممكن مراقبة تطبيق اللوائح ، غير أنه من المعتقد بالفعل ـ فى أمريكا ـ بأن الجدل العام يساعد هذه العملية . أما فى إنجلترا ، فعلى العكس من ذلك . فلن نجد ببساطة الحماس لإذاعة هذه الحقائق القبيحة أو للاعتراف بأن هناك من يحاول فعلا أن يفضح مستخدميه وكفلاءه وزملاءه ومرءوسيه . لا ، وليست هناك أية رغبة لوضع بعض الضوابط التنظيمية التى تجعل من مثل هذه الممارسات مخاطرة .

وعلى سبيل المثال ، فقد أنشىء حديثا بجامعة ليستر مايسمى الـ « بيوسنتر» بأموال أربع شركات من القطاع الخاص ، وتدير شركة آى . سى . آى هناك بالفعل معملاً إدارةً مشتركة ، ولم يُثر عرض ليستر على حد علمى أىَّ جدل واسع . صحيح أنه لم يكن فى نفس حجم شركات المخاطرة فى أمريكا ، ولكنه خطوة لافتة للنظر داخل الجامعة ، وعينة بسيطة مما سيحدث ، وسيكون من الغريب ألّا يتسبب هذا الظهور الفجائى لمثل هذا النوع من الاستثمار

فى الكثير من التوتر . ولكن الإجراءات التنظيمية للتصدى له فى الجامعات البريطانية بدائية جدا .

ومن الصعب أن نثق فى قدرة الجامعات البريطانية على تنظيم سلوك أعضائها الأعلى مقاما إذا أثيرت ـ وعندما تثار ـ أية شبهة لشذوذ واضح . صحيح أننى لا أحاول أن أظهر المؤسسات الأمريكية على أنها بالضرورة أقل فسادا من مؤسساتنا بانجلترا ، ولكننى لا أستطيع إلا أن ألاحظ استعدادهم لمناقشة هذه المواضيع مناقشة مفتوحة . إن البريطانيين تقيدهم آداب السلوك والاستقامة المالية فى الحياة العامة . فإذا لم يستطع إفشاء موضوع تحايل شركات البترول فى روديسيا على العقوبة الاقتصادية ـ الذى كانت تعرف به وزارة عمالية وأخفته عن جمهور الناخبين ـ إذا لم يستطع هذا أن يثير إلا القليل من همهمة الجزع ، فالله وحده يعلم أية فضيحة نحتاجها كيما نغير من أساليبنا !

وحتى مع وجود لوائح أوضح ، فستبقى مشكلة أخرى خطيرة ، وهى مشكلة أثيرت فى المناقشات فى م م ت وتُطرح فى الكثير من المواقف الأخرى ، ولكنها لا تقلق الناس كثيرا . فمن الممكن للشخص أن يتصرف بكل لياقة ، وأن يُنتدب كمستشار خارج الجامعة ليوم واحد فقط فى الأسبوع ، وأن يُفشى الأسرار فى كل رحلة كونكورد ، وأن يقضى ليلته فى فندق كلاريدج بحرص بالغ ، ثم نجد أن شيئا ما ليس على ما يرام . إن السؤال الصعب هو : كيف يجب أن تستغل البحوث الممولة تمويلا عاما . وقد أثير هذا السؤال فى م م ت كما أثير فى حالات أخرى عندما بيعت فرق بحثية : مهاراتها وخططها ، لمؤسسات تجارية . فهل من العدل ومن الصحيح بالنسبة للبحوث الجارية أن يتم مثل هذا التملك ؟

دعنا نكن على بينة من مثل هذه الاجراءات ، فقد تُقدِّم بعض المؤسسات التجارية للباحثين فى الجامعة منحا تبلغ قيمتها ٥٠ مليون دولار مثلا لتمويل بحوث تستمر بضع سنوات تقوم بها مجموعة راسخة مقابل الحق الكامل فى توثيق وتتجير أى أفكار قد تنجم عن البحث . مصلحة المؤسسة إذن هى أن تستخدم مجموعة راسخة منتجة جاهزة للعمل بسعر لا ينافَس كمصدر لإنتاج الأفكار ، فلا هى تبنى منشآت ولا هى تدفع أموالا للتدريب ، وكل ما تقدمه هو المال للبحث . والأغلب ألا يشعر رجال الجامعة بأى توتر وهم يُلْجَمون ، بل وأن يتحمسوا لإظهار أنهم يستحقون مايُصرف عليهم ، وهم يبقون فى أرض الجامعة بين أصدقائهم وزملائهم ، ويصبحون الأسماك الكبيرة فى الغدير الصغير ، بعد أن كانوا مجرد خبراء فى قسم البحوث . أما مصلحة الجامعة فتكون فى حصولها على التمويل فى وقت يشح فيه التمويل الحكومى ، وهم يدفعون النفقات غير المباشرة ويمكنهم أن يجذبوا الباحثين الراغبين فى هذا النوع من العلاقات .

ولكن هنـاك أيضـا مصـاريف تدفعهـا الجـامعـة التى تتخلى عن بعض صلاحياتهـا فى توجيه اسـتراتيجية البحـوث ، يدفعهـا دافـع الضرائب الـذى استخـدمت أمواله فى تكوين الخبرة البحثية ، التى توجه الآن لمصلحة الزبائن الجدد من الشركات . وقد أمكن التغلب على الاعتراض الأول فى بعض الحالات عن طريق إنشاء لجان من الجامعة والممولين مهمتها مراجعة أثر هذا التمويل على البحوث ، ويبقى أن نعرف إذا ما كانت هذه اللجان ستستطيع حقا أن تلاحظ أية ظواهر سيئة ، مثل السرية وانقطاع التواصل بين العلماء والنزاع على الأولويات والتغير فى ممارسة إثبات المراجع ، وتحول برامج البحوث بعيداً عن الأفكار التى لا تظهـر ثمارها إلا على المدى البعيد أو التى تتعارض مع المصالح الصناعية . ولا أعتقـد أن مثـل هذا التفحص سيعنى الكثـير ، ذلك أن المهم فى نهاية أى مشروع سيكون دائما هو الحصول على الجرعة التالية من التمويل . إن من يملك المال سيكون فى استطاعته دائما أن يشترى ما يريد .

أما الاعتراض الثانى فيتعلق باختطاف ثمار الإنفاق من المال العام . ويرى البعض ببساطة ألاَّ مشكلة هنا ، فالشركات تدفع الضرائب ليُنفَق جزء بسيط منها على البحث الاكـاديمى كاستثـمار اجتـماعى عام فى الابتكـار والتدريب ، فإذا ما أدرك البحـاث شيئـا جديدا ، فمن الممكن أن تتـدخل الشركات الصناعية وتشـترى الحق فى تطوير الفكـرة وتقبـل بذلـك المخـاطرة التجارية . ومن هذا المنظور ، فمن البديهى أن كل ما يسرع بالعملية لابد أن يكون شيئا طيبا ، فلماذا نقيم العقبـات فى وجـه نقـل البيوتكنـولـوجيا بينما تحصل الجامعات على العائد الاقتصادى لابتكاراتها من خلال نظام توثيق البراءات ؟ أما العائد بالنسبة لدافع الضرائب فيتم عنـدما تدفع المؤسسة الضرائب على أرباحها . وأعتقد أن هناك مشكلة حتى مع هذه الفروض ، ذلك أن البحث الأكاديمى يباع بهذه الطريقة بثمن بخس ، حتى ليمكن أن نعتـبره نوعـا من الدعم العام لشركات صناعية يمتلكها القطاع الخاص ، وهذا فى حد ذاته قد يكون معقولاً إذا ما كان الابتكار الصناعى يسير مع المتطلبات الاجتماعية الضرورية ، ولقد حاولت أن أبين أن هذا ليس صحيحاً دائما .

وفى رأيى أن المشكلة الحقيقية فى اشـتراك الصناعة فى البحوث الأساسية لا تكمن فقط فى حصولها على المهارات والأفكار بسعر بخس جدا وإنما فى إغلاق الباب أمام أية بدائل أخرى ، أو على حد تعبير دافيد نويل « إن البرج العاجى يتحول إلى برج من البلاستيك » . إنه يتحول إلى مستودع أفكار للشركات الكبرى التى تمتلك مدخلا خاصا إليه ، بعد أن كان مورداً اجتماعيا عاما . إننى لا أدافع عن البرج العاجى فى ذاته ، فأنا أرى أن العزلة والأكاديمية الخالصة غير مطلوبة ،

تماما كالخضوع التام لرأس مال الشركات . إنه دفاع عن إجراء من أجل استقلال الجامعة ، تضمنه الدولة ، للمحافظة على تعدد الأفكار ، على التفكير الناقد وعلى التصور للبدائل الاجتماعية والاقتصادية والصناعية والعلمية . ذلك إذن هو السبب فى أن تضارب المصالح إما أن يبدو أمرا تافها - إذا مانظِر إليه على أنه لا يعنى سوى إطاعة القواعد والبعد عن الجشع - أو أن يبدو ذا معنى ، إذا ما أكدنا على حقيقة أن قيمة البحث ليست ببساطة فى فائدته لرأس المال . وإذا لم ننظر إلى قيمة البحث إلا فى هذه الحدود فقط ، فإنا نكون قد فقدنا شيئا أساسيا .

التكنولوجيا ونظام الاقتصاد العالمى

حاولت فى الفصول الثلاثة الوسطى من هذا الكتاب أن أتحدث عن التطور التقنى فى البيوتكنولوجيا ، وأن أعرضها كجزء من نظام اقتصادى ، كوسائل لاستمرار نمط معين من الانتاج . كانت الثمار الطبية للتطعيم الجينى توافق نوعا خاصا من الرعاية الطبية : النوع المرتبط بالمستشفيات ، العلاجى ، العالى التخصص ، المربح للشركات التى تقوم به . وقد بلغت شركات الأدوية قوتها الحالية لأن فى مقدورها أن تنتج المواد العلاجية وأن تحدد أسعارها وأن تدرب الأطباء على التفكير بأسلوب موجَّه نحو العقاقير . أما ما يستفيده الجمهور من هذا فهو خدمة ذات قدرة متطورة للغاية فى مواجهة الحالات التى تحتاج الرعاية الميكانيكية ، ولكنا لا نجد أى اهتمام حقيقى بالطب الوقائى ، أو بالأمراض التى تصيب من يصبح فى مجتمعنا غير قادر على الإنتاج ، أو بالحالات المعقدة كالقلق والاكتئاب .

ولكن الخسائر فى الدول النامية تختلف عن هذه . فمعظم أدوية الغرب أغلى من أن تباع للاستعمال هناك ، وإذا ما صدّرت إليها فإنها إما أن تكون بلا فائدة تحت الظروف الاجتماعية والصحية ، وإما أن تخدم أقلية صغيرة لا تقيدها الآثار المعرقلة للتبعية الاقتصادية للدول الغنية . هذه هى الخلفية التى يجب أن نتذكرها عندما نفكر فيما تعنيه البيوتكنولوجيا .

تعمل القوى الاقتصادية التى قادت إلى تكوين هذا النوع من الطب ، تعمل باستمرار على البيوتكنولوجيا الطبية ، إنه آخر أطفالها وهو خطتها وهو أملها فى المستقبل ، إنه الطريق إلى الأسواق الجديدة ، يباع فيها نوع من الرعاية الصحية أثبت كفاءته وأربحيته ، أثبت أنه مغر وغالى الثمن ، إنه سبيل للاستمرار فى العمل عن طريق تصنيع جزيئات يمكن بيعها وتحصيل الربح منها . فمن الممكن أن نستمر فى بيع الصحة للناس - وتُعرَّف الصحة هنا على أنها غياب الأعراض الهامة إكلينيكيا - وذلك عن طريق تعاطى الأدوية العلاجية : المضادات

الحيوية فى الخمسينات ، وعقاقير الحالات النفسية فى الستينات ، وأدوية الوقاية من أمراض القلب فى السبعينات ، والمستحضرات البشرية من الإنترفيرون والأجسام المضادة فى الثمانينات .

ونفس الشىء بالنسبة للغذاء والزراعة . ولا أعتقد أننا نستطيع أن نتفهم ما يجرى الآن دون أن نعرف ديناميكية الزراعة المصنعة وخطط الشركات التى تخدمها وتصنّع منتجاتها ، فكما يقدم الطب مدى واسعا من التكتيكات داخل استراتيجية تهمل الأسباب البنيوية للأمراض ، كذا سنجد الزراعة أيضا تعتنى تماما بالقلائل السعداء ، بينما تنكر بنيةُ الإنتاج العالمى توفيرَ المصادر الكافية للملايين من المحتاجين . وكما أن لدينا من المعرفة الطبية ما يكفى للوقاية من الكثير من الأمراض وعلاجها إذا ما وُزّعت المصادر الأساسية بالعدل والإنصاف ، كذلك سنجد أنه من الممكن أن نجد ما يكفى لإطعام نسبة أعلى من شعوب العالم إذا ما وُزعت المصادر بشكل مختلف . ففى الوقت الحالى ، تخصَّص أراض أكثر من اللازم لزراعة محاصيل لا يستطيع الناس أكلها ، أما عائدات هذه المحاصيل - إذا كان لها أن تعود إلى الدول التى تزرع المطاط أو القطن أو البنّ - فإنما تحصلها نخبة من المجتمع محدودة . كما يبذل الكثير من ا لجهد لدفع الفلاحين لاستخدام طرق زراعية غير ملائمة تجعلهم يعتمدون على ما يُستورد من الوقود والبذور والسماد والمبيدات الحشرية والمعدات الزراعية . وفى البلاد المتقدمة يشجَّع المزارعون - وتحت أيديهم موارد أكثر بكثير ، وإن اعتمدوا أيضا على المخصبات والطاقة الرخيصة - يشجعون على زيادة الإنتاج ، ليستعملَ بعض الفائض من الغذاء الناتج - ليس كمعونة - وإنما كسلاح لضمان الخضوع للمصالح الاقتصادية والسياسية للدول التى تَمنح المعونة . هذه إذن هى الخلفية للكثير من البيوتكنولوجيا الزراعية : أن تجعل التجارة الزراعية أكثر ربحا عن طريق إبقاء المزراعين حول العالم مرتبطين بمنتجاتها .

ويتوافق قطاعا الكيماويات والطاقة فى نفس الصورة . فشركات الطاقة تعتبَر من أقوى الشركات فى العالم كله ، تزيد مبيعاتها عن الإنتاج القومى الإجمالى للكثير من الدول ، ولديها من السلطة ما يمكنها ليس فقط من تحدى الحكومات بل ومن تغييرها أحيانا . وبيع البترول لاشك تجارة هائلة ، وقد أثبتت أنها قاعدة فعالة ، منها يمكن الانطلاق إلى مجالات أخرى ، لاسيما مجال الكيماويات ، ولهذا القطاع الأخير أيضا شركاته العملاقة المتعددة الجنسية ، وهى وإن كانت تمر فى الوقت الحالى بأزمة بسبب مشاكل اقتصادية أساسية إلا أنها مازالت قادرة على أن تحشد موارد هائلة لتُبنى ثانية حول نقطة بدء جديدة . وبينما نجد أن تكاليف إنشاء

مصنع رائد لتحويل الفحم إلى غاز قد تصل إلى مئات الملايين من الجنيهات وقد تقوم به شركة من شركات البترول إذا استدعى الأمر ، فسنجد أيضا فى مجال الكيماويات من يخاطر بعشرات الملايين فى مشاريع جديدة قد لا تصل أبدا إلى مرحلة النجاح الاقتصادى . والفكرة فى نهاية المطاف هى أن نجد مواد حريق هيدروكربونية يمكن تطويرها بأقل طاقة إلى جزيئات أكثر تعقيداً ، من بينها تلك التى يمكن بيعها إلى قطاعى الكيماويات الزراعية والمستحضرات الصيدلية . إن الخطة هى أن نعيد تشكيل صناعة عالمية حول مادة بدء جديدة ومصدر طاقة جديد بوسائل تقود بنجاح إلى أعداد وفيرة من اللدائن والمذيبات ومواد اللصق ومواد الطلاء والمخصبات والكيماويات الرهيفة . وسيكون لاقتصاديات الهيدروكربونات قاعدة مختلفة ، وجغرافية مختلفة بعض الشيء ، ولكن سيظل لها نفس الأساس التجارى . أما كبار المنتجين ، الذين يستخدمون مصانع عالية الأتمتة مركزية التشغيل ، فسيحاولون بيع كميات ضخمة من البضائع ينتجها جيشان يتباعدان من العمال : المهندسون ومصممو الشركات ورجال التسويق ورجال إدارة الإنتاج من ناحية ، والعمال غير المهرة من ناحية أخرى .

من هنا إلى أين ؟

تقدم الأقسام الأربعة السابقة آراء جزئية - وإن كانت هامة - عن البيوتكنولوجيا ، وهى تقدم منظورات لما يحدث ، لا يمكن الآن أن نرفض أيا منها ولا يمكن لأى منها أن يقف منفردا ، كان القسم الأول تعليقا عاما عن سياسات التكنولوجيا ، أما الثانى فقد يبدو مألوفا للبريطانيين ، مجرد ابتهالات شكوى من الأداء الاقتصادى البريطانى ، ولا أستطيع أن أتحدث فيما إذا كانت البيوتكنولوجيا فى بريطانيا ستنحسر ، فالكثير من البيانات عن تردد الشركات البريطانية فى التورط فيها هو مجرد حكايات ، ولكن الاستثمار البريطانى فى التكنولوجيا على مدى تاريخه كان دائما مُضَلِّلا ومتأخرا ، وهذه قضية خطيرة ، ولا أستطيع أن أتصور كيف يتسنى لأى شخص - أيا كان مذهبه السياسى - أن يتحمس وأمامه هذا التهيب والكسل التقنى والحماقة البيروقراطية .

أما القسم الثالث فهو فى الحقيقة قصة عن المشاكل المحتملة « للنجاح » فى الحصول على تمويل للبحوث ، لقد وقف هوايتهيد مبلغا ضخما من المال ليقام معهد ، ولكن ، لن ينكر إلا ساذج أو مخادع أن لهذا المشروع القدرة الكامنة على خلق مشاكل واسعة بالنسبة : لنوع المجتمع المفروض أن تكونه الجامعة ، بل وإذا ما كان هناك مثل هذا المجتمع على الإطلاق ، نقصد مجتمعاً يضم زملاء يجمعهم ولاء عام ، يتصلون فى حرية مع بعضهم البعض ويقومون بالمهام الضرورية

للحفاظ على معهد تعليمى كُرِّس للمصلحة العامة . إن السخرية فى قصة هوايتهيد هى أنه قد افتُرض أن المنحة قد قُدمت بروح منزهة عن الغرض ، ولم تصبح هذه القضية خلافية إلا لأن البعض قد وجد هذه الدعوى صعبة التصديق بعض الشىء .

ربما كان هناك الآن عشرون أو ثلاثون اتفاقا بين الشركات والجامعات فى الولايات المتحدة تختص تحديداً بالبيوتكنولوجيا ، وفيها تظهر نية الربح التجارى بوضوح وفى غير إبهام وبلامواربة . ولكنها لم تثر من الخلاف إلاّ أقلّه ، وقد بلغ حجم التعاقد بين هوكست - شركة الكيماويات الألمانية - وبين مستشفى ماساتشوستس العام فى بوسطن نحو خمسين مليون دولار ، وهذا قدر هائل من المال بالنسبة لبرنامج بحثى جامعى ، وحتى لو أمكن « التغلب » على تضارب المصالح ، فإنه سيظل ارتباطا لحرم الجامعة بأهداف الشركة التى غدت تخدمها الآن . فالبيوتكنولوجيا - وعذراً إن كان التشبيه فجا أو متعسفا - قد سُجنت وصُفِّدت فى القيود لتخدم أسياد الكون هؤلاء . فالشركات الكبيره للكيماويات والبترول والمخصبات والغذاء والبزور والمستحضرات الصيدلية هى العامل الفعال فى تشكيل اتجاهات المستقبل فى هذا المجال ، ومصالحها تكون فى المحافظة على الربح والسلطة عن طريق بيع بضائعها ، وهذه تُشبع احتياجات معينة تُحدَّد بطرق تُجْهَد الشركات كثيرا فى تعيينها وتوجيهها والسيطرة عليها ، وتمضى مصالح هذه الشركات الآن فى العمل على البيوتكنولوجيا ومن خلالها بطريقة أكثر وأكثر مباشرة ، لقد أصبح البحث المتعمَّد عن فرص الربح يبنَى بشكل أكثر صراحة فى تشكيل المشاريع العلمية .

ويتحول تحليل المواد المبرَجة باطراد ليصبح أولى مراحل تطوير المنتج . تذكَّر محامى البراءات فى ندوات جينتيك وهم يصوغون الأفكار فى شكل يصلح للتملك فور صدورها عن الأحبال الصوتية والشفاه . تذكَّر الزملاء القدامى فى سان دييجو وهم يناورون بعضهم البعض دون تواصل ، عارفين حتى قبل أن ينشر أى بحث أن فى إمكانهم أن يربحوا الكثير من الأنتيجينات المصنعة إذا استطاعوا أن يثبتوا سبقهم فى ادعاء الأفكار . تذكَّر الصراع حول براءة أجريجنتكس حيث انتحل تكنيك يُقال إنه يستخدم من زمان طويل فى تربية النباتات الجديدة ، اختُطف ليصبح ملكية خاصة ، ويدّعى ملاّكه الجدد أن الطريقة الخاصة التى ربطوا بها كل الأفكار تعطيهم الحق فى الملكية . إن مصطلح « نقل التكنولوجيا » يفقد باطراد معناه ، فليس هناك حركة ولا نقل . إن الإدراك تمويل .

إذن ، إلى أين نمضى من هنا ؟ هل علينا أن نجلس لنراقب قوى العدوان تتسارع ، أم علينا - كما قلتُ فى أول هذا الفصل فى نوبة تأمل - أن نتمتع

« بالفرصة التاريخية النادرة التى يمكننا رؤيتها وهى تتحرك ، أن نشاهد مهارات التطعيم الجينى تفتح دورة أخرى من النمو الصناعى » ؟ أم هل نحاول أن نقيم استراتيجيات تكنولوجية وصناعية مختلفة تؤطر بشكل جديد إمكانات البيوتكنولوجيا ؟ هل نستطيع أن نغير أولويات البحوث الجارية الآن ، على أمل أن نصلح البيوتكنولوجيا فى المراحل الأولى لتطورها ؟ إننى لست متفائلا بأن فى إمكاننا تحقيق هذا .

إن محاولة إعادة التفكير فى الأسس المنطقية لهذا المجال السريع الاتساع تبدو جنونا كاملا فى هذه المرحلة التى يرى الكثيرون فيها أن البيوتكنولوجيا هى الخلاص ، وهى طريق العودة إلى وظائف أكثر وإلى النمو الاقتصادى . وعندما سمح « لقوانين السوق الحديدية » أن تعمل بتلك القوة الفعالة المتعمدة لفرض النظام الطبقى على جيش العمالة ، ظهر أنه من غير المنطقى أن نتحدث عن إعادة توجيه إحدى التكنولوجيات التى تتدفق إليها الاستثمارات ، أو أن نأخذ سبيلا آخر للخروج من الكساد .

اتوقع أن يقول البعض إن حقائق هذا العصر هى أن التجديد لا يشكل قضية سياسية إلا إذا أبطأ أو إذا لم يتم . أما أهم ما يشغل الكثيرين من قضايا فهى : كيف يمكن أن نسرع ماكينة الجينات . بل ويبدو أن بعض من نتوقع أن يكون لديهم الاهتمام بسياسة العلم والتكنولوجيا ـ مثل الباحثين والتقنيين فى اتحاداتهم الأنيقة ـ ينظرون للبيوتكنولوجيا نظرة غير ناقدة وعملية للغاية ، ينظرون إليها كمجرد وسيلة لمستقبل أفضل . ولا يمكننى أن أنكر هذه الأشياء ، ولكنى أستطيع أن أحاول تغييرها عن طريق « التنقيب خلف الضجة الإعلامية » كما ذكرت سابقا ، وعن طريق الإلحاح على تفكير أكثر فيما تعنيه البيوتكنولوجيا كظاهرة صناعية وسياسية وثقافية ، وفيما ستكون عليه خسائرنا ومكاسبنا . وعلى هذا ، فإن اقتراحاتى للاستجابة السياسية لهذه الظاهرة يقصد بها جميعاً تحركات تكتيكية قد تساعد فى بناء اهتمام جماهيرى أوسع بما يحدث ، وفى بناء القدرة على التصرف تبعاً لهذا الاهتمام .

اشتراك التجارة فى التخطيط لدعم البحوث

أعتقد ـ أولا ـ أن علينا أن نعترف بحقيقة أن البيوتكنولوجيا ، مثلها مثل أى شكل من التجديد الجذرى ، مثلها مثل كل ما هو ليس مجرد عبث بما هو معروف بالفعل من المنتجات ، تحتاج التشجيع والدعم الحكومى وتحتاج خلق قاعدة بحثية . والابتكار فى مجتمعنا المعاصر سباق ، ومن الحماقة حقا أن نهمل ما يقوله

البيوتكنولوجيون فى المملكة المتحدة ، أقصد ما يقولونه من أنه دون زيادة التمويل للتدريب والبحث فسيفوتنا القارب .

تتضمن البيوتكنـولـوجيا نوعين من الخبرة ، نوعا يختص بالوراثة الجزيئية وإعادة برمجة النظم البيولوجية ، والنوع الآخر يختص بالهندسة الكيماوية وتصميم مفاعلات يمكن داخلها تحويل المواد البيولوجية ، وقد أكدت فى هذا الكتاب على النوع الأول لا الثانى ، وكلاهما بالطبع مهم ـ كما اتضح الآن للكثير من شركات البحوث التى بُنيت على البراعة الفائقة فى معالجة الجينات البكتيرية . إننا نحتاج إلى بناء الخبرة فى المجالين كليهما عن طريق التمويل الحكومى لحلقات التدريب ومشاريع البحوث .

فإذا لم نحصل قريبا على تمويل أكبر ، فالمتوقع أن يهاجر الكثيرون من أهل البيوتكنولوجيا ، لاسيما من طلبة الدراسات العليا الجدد وكذا من الدارسين بعد الدكتوراه ، إذ قد يكون من المفيد لهم فى هذه المرحلة من تاريخ حياتهم العملى أن يسافروا للخارج لكى يعودوا بخبرة أوسع ، ولكنهم قد لا يعودون على الإطلاق . ومن المثير أن م ب ع هـ قد أبـرم مؤخـرا تعاقدا لدراسة عن كبار الباحثين فى البيوتكنولوجيا بالمملكة المتحدة لفحص هذه الهجرة وربما لوقفها ، ومن المثير أيضا أن نعرف ما إذا كانت بيانات هذه الدراسة ستُنشر ، فمن الممكن أن تصبح هدفا للتجسس الصناعى . وإذا أمكن أن تصمم الملفات جيدا ، فمن الممكن أيضا أن تُتخـذ كسجـلات للمستشارين والمدراء ، وربما إذن وجب نشرها من أجل المصلحة العامة .

أما فكرة أن تُبنى « مراكز التفوق » بأموال حكومية ـ تلك المراكز التى طلبها تقرير سبينكس سنة ١٩٨٠ ، والتى مازالت تلح عليها الجمعية البريطانية لتنسيق البيوتكنولوجيا ـ فهى فكرة يمكن أن تُطَور بعدد من الطرق . وأول ما يجب أن يؤخـذ فى الاعتبار هو ماهية « التفوق » ، ومن يضع معاييره . وثانيا سنجد أن توزيع اعتمادات البحوث عن طريق لجان من كبار الباحثين عادة ما يكون عملا سريا ، لا يَعرف فيه القواعد العامة للسياسة وتفاصيل القرارات المتخذة إلّا عدد محدود من الأفراد ، عادة ما يتلقون أنفسهم تدعيما كبيرا من نفس البرنامج . ومن الممكن أن توسع المداولات فى طريقة توزيع الاعتمادات وأن يزداد عدد المشتركين فيها . كما أن هناك فى المرحلة الحالية تسليما بأن الناجح من البحوث سيُتَجَّر عن طريق الشركات الخاصة . وهناك إمكانية أن يُخصص فيها تدبيُر احتياطى لبحوث توجِّه آخر الأمر إلى نوع آخر من المؤسسات الإنتاجية ـ كالتعاونيات البحثية ـ التى تهتم ، مثلاً ، بتصنيع مخلفات المدن .

أما مجالس البحوث فى الوقت الحالى - وهى واقعيا مصدر كل التمويل الحكومى للبحوث الأساسية فى هذا المجال - فتُشجِّع هى الأخرى طالبى المنح على تشكيل مشاريع مشتركة مع الصناعة . ومن الممكن أن يوضع شرط فى المستقبل لقيام مثل هذه الترتيبات ، هو أن تسمح الشركة المعينة لاتحاد نقابات العمال الذى يُمثِّل عمال الصناعة أن يُراجع الخطط البحثية والاستشارية وأن يُساعد فيها ، والغرض هو أن يُسمح لعمال الشركة والبحاث أولا أن يعرفوا موقع البحث بالنسبة لخطط الشركة ، وثانيا أن يضعوا خطة بديلة للشركة تتضمن أيضا بحوثا بيوتكنولوجية . والقصد هنا هو أن تُجعل استراتيجية البحوث أكثر وضوحا وأكثر عرضة للجدل . ولعل الشكل البدائى لهذا النوع من المعارضة للامتيازات الإدارية هو تلك الخطة المشتركة المشهورة التى وضعتها اللجنة المتحدة لممثلى موظفى المتاجر بشركة لوكاس إيروسبيس ، وفيها عُرضت بدائل عديدة من المنتجات على الشركة ، عرضها عمال كانوا يواجهون البَطالة بسبب محاولة إدارة الشركة « ترشيد » تركيب وإنتاج المجموعة .

تعتمد هذه الاقتراحات على فكرة أن دخول الشركات فى تطوير البيوتكنولوجيا هو أمر حادث لامَحالة ، وهو أمر فى وقتنا الحالى ضرورى . فبينما تستطيع المؤسسات العامة ، بل ويجب ، أن تلعب دورا ، فمن الضرورى أيضا أن تشترك صناعة القطاع الخاص ، أما شروط اشتراكها فمن الممكن بالتأكيد أن تُغيَّر ، وهذا يعنى فى الواقع طريقةً لشراء درجة أكبر من اشتراك العمال ، مستخدمين عُمْلةً هى البحوث .

واتخاذ موقف مشابه تجاه تعاون الجامعة والصناعة يبدو معقولا ، وهو كاتجاه تاريخى موقف يصعب فى الحقيقة أن يعكَس ، بل إن هذا قد يكون غير مرغوب فيه ، ففى الجامعات - فى المرحلة الحالية - مهارات تحتاجها بعض الشركات ، وإغلاق طريق الوصول إليها لا يخدم فى الوضع الحالى أى غرض نافع ، بل وسيكون ذلك غير مقبول للكثيرين على الاطلاق . وإذا ما توسعت الشركات فى تمويل البحث العلمى ، فإننا نحتاج أن نضمن مناقشة مشاكل صراع المصالح كما يجب ، وألا يستبعَد مساعدو المعمل والطلبة والزملاء ، وأن تطوَّر وتفرَض قواعد سلوك فعالة . من الصعب أن يعرَف فى الوقت الحالى كيف تموَّل البحوث بالجامعات البريطانية ، كما أنه من المتعذر أن يعرَض الدخل من الاستشارات للتفحص العام ، ووجود قواعد صارمة للكشف الكامل عنه يمكن على الأقل أن يساعد فى معرفة مَن يعمل لحساب مَن وتحت أية شروط وبأى أجر ، وربما وضَّحت السبب فى اهتمام أشخاص معينين بفتح مجالات جديدة للبحوث ، وربما أعطت أيضا مؤشراً أوضح عند تعرض الاستقلال الأكاديمى للشبهة . فمن الضرورى

أن نعرف عند اشتراك العلماء فى وضع المعايير والقواعد ما إذا كانوا يعملون مثلا مستشارين لشركة يحتمل أن تتأثر بهذه القرارات .

ولكن مشكلة إخضاع آراء العلماء للعلاقات التجارية ليست إلا قضية من بين قضايا متعددة . فعلينا أن نضع فى الاعتبار سياسة البراءات والعائد من اتفاقيات التوثيق . وعلى سبيل المثال ، هل الحرص المستمر والالتجاء إلى نظام التوثيق هو الخيار الوحيد أمام الاكاديميين للاشتراك فى البيوتكنولوجيا ؟ إننى أشك فى ذلك . فمؤيدو التوثيق يعرضونه كنوع من أشكال الحماية للمبتكِر . وهذا صحيح من وجهة نظر ، وذلك إذا ما كان ـ وفقط إذا ما كان ـ فى مقدور الشخص أن يتحمل تكاليف الدفاع لحماية حقوقه إذا مااعترضت ـ ربما عمداً ـ شركة ذات نفوذ قوى ، والحقيقة أن الكثيرين يبيعون براءاتهم بمبلغ إجمالى ، إذ تصبح المجازفة ـ بذلك ـ قليلة والربح مقبولا . فالحماية تحت نظام البراءات موجودة حقا ، ولكن فى شكل أضيق مما يعرف الكثيرون .

وهذا يقودنا إلى السؤال عمن يجب أن يحوز البراءات وإلى من ترجع عائداتها . وفى براءة كوهين ـ بوير مثل مثير . فالعائد يرجع إلى جامعتين لا إلى أفراد ، وقد نظمت الجامعتان طريقة استخدام عائد البراءة ولم يكن ذلك عن طريق هيئة حكومية ، لقد كانت البراءة مبادرة محلية لدعم برنامج بحثى عام . وهى فى واقع الأمر مجرد ضريبة على البحوث التجارية للـ د ن ا المطعَّم ، ضريبة تعود إلى المستهلكين ، ويفيد منها العمل البحثى فى ستانفورد وجامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو وحدهما . غير أن الكثيرين يشعرون بأن مساهمة باحثى هاتين الجامعتين فى ظهور التطعيم الجينى لا تستحق أن يُمنحوا من أجلها كل هذا التكريم .

وهناك خيار آخر لحماية البحوث الممولة بالمال العام من سطو القطاع الخاص العنيد ، وهو خيار ـ من ناحية المبدأ ـ يعجبنى ، فمن الممكن أن تسعى الدولة لحيازة البراءات على مثل هذه البحوث . وهذا هو جوهر النظام البريطانى ، فالمجلس القومى لبحوث التطوير (م ق ب ت) ، وهو الآن جزء من جماعة التكنولوجيا البريطانية ، له الحق الكامل فى أن يوثق تتجير البحوث الممولة من المال العام . وقد قامت إحدى حكومات حزب العمال فى أواخر الأربعينات بإنشاء م ق ب ت ، وكان له نجاحات نذكر منها أدوية السيفالوسبورين التى جنى منها مئات الملايين ، كما كانت له إخفاقاته ، فالبعض يقول إن موضوع الأجسام المضادة النقية كان فشلا ، كما يقول ناقدو م ق ب ت إنه بطىء جدا غير مرن على الاطلاق ، وأنه غير تجارى ومتشدد للغاية . ويلقَى اللوم هنا على عيوب

البيروقراطية والوضع الاحتكارى للمجلس كسمسار للأفكار . وقد يكون هذا صحيحا ، ولو أنى أعتقد أن معارضة وجود م ق ب ت تعتبر هدفا مناسبا للأكاديميين الذين لا يعرفون بصعوبة التوثيق والتتجير . وربما كان النظام المحلى اللامركزى المطبق فى فرنسا أفضل . والواضح أنه إذا كان علينا أن نستبقى مبدأ أن يكون التوثيق للحكومة من أجل المصلحة العامة - وهذا ماأعتقد بضرورته - فإن المثالب المزعومة لـ م ق ب ت يجب أن تعلَن للجميع على أن تصحح إذا ثبتت .

إلى أين تذهب رسوم براءات البحوث الجامعية ؟ هناك رأى يقول إن المجاميع البحثية الجامعية يجب أن تدار أساسا كشركات خاصة وأن تعطَى نصيب الأسد من أى عائد ، ولكنى أعتقد أن الأفضل أن نحاول أن نحافظ على استقلال البحاث الجامعيين ، عن طريق إبعاد عملهم عن مثل هذا الارتباط المباشر بالسوق ، ويمكن أن يتم ذلك - لحد ما - من خلال فتح اعتماد ائتمانى للبحث يُودع فيه الدخل التجارى . وكمثال لهذا ، هناك صندوق بحوث خريجى ويسكونسن (ص ب خ و) بجامعة ويسكونسن الذى أنشىء ليحصِّل فيه الدخل الناتج عن براءات فيتامين د . ومن بين منجزات هذا الصندوق سم الفأر المسمى وارفارين . ومن بين المثالب المحتملة لهذا التنظيم أن حصوله على منفعة مالية قد يعرضه للمسئولية القانونية ، كما اكتشف ص ب خ و مؤخرا . وقد تقنع الجامعات بعائد أقل ببيع البراءات التكنولوجية لشركة تجارية ، لتكتسب حصانة ضد المقاضاة إذا لم يمض كل شىء على ما يرام . ومن المفروض أن تختبر المؤسسات البحثية كل هذه النظم عند تتجير البيوتكنولوجيا . وأيا كان اختيارها ، فمن الضرورى أن تحلل خسائرها ومكاسبها دوريا ، وأن يكون ذلك أمام الجميع .

ولكن التوثيق لا يحدث دون وجود من يُوَثَّق له . إن ما علينا أن نضعه فى الاعتبار أيضا هو : أى نوع من المؤسسات يُسمح له بتتجير البيوتكنولوجيا ؟ هل علينا أن نُسلم هذه الصناعة الجديدة للقطاع الخاص ، أم أن علينا أن نضمن بقاءها ملكية عامة ؟ يبدو أن نجاح شركات البحوث التى يوجهها الممولون بالولايات المتحدة قد أعطى البعض الانطباع بأن الابتكار فى هذا المجال لا يمكن أن يشجعه إلا الأبطال المعبودون ممن يستخدمون رأس مال المخاطرة ، ولعل زيارة مسز تاتشر لشركة جينكس ، التى تحمست فيها لقوانين الولايات المتحدة المتساهلة لمساعدة صغار المقاولين على الربح لصغار الممولين ، لعل هذه الزيارة كانت تعضيدا لهذا الشكل من التجديد .

هذه الطريقة فى معالجة الأشياء ليست معروفة تماماً فى بريطانيا ، هناك مجموعة صغيرة من البيوتكنولوجيين تعمل بمركز الاستشارات الإدارية بمركز

التوثيق ، وهناك مجموعة أخرى يمولها القطاع الخاص تكوّن جماعة كامبريدج لعلوم الحياة . وللمؤسسة الأمريكية المسماة « معامل بيثسدا البحثية » مركز فى كامبريدج . وتقدم شركة إنفرسك الدولية للبحوث فى ماسلْبره المشورة فى تتجير منتجات الـ د ن ا المطعَّم ، كما أقامت كلية إمبريال بلندن شركة بيوتكنولوجية . أما مركز البحوث الميكروبيولوجية التطبيقية فى بورتون داون ـ الذى تموله وزارة الصحة والأمن الاجتماعى ـ فهو يقوم بأعمال تجارية ، وفى بلدة سلو تقوم شركة سلتك ـ وتشترك جماعة التكنولوجيا البريطانية بنصف تمويلها ـ تقوم بالفعل بتسويق منتجاتها ، وهى أكبر شركة بحوث بيوتكنولوجية فى المملكة المتحدة . وأخيرا هناك مجموعة من مؤسسات الأجسام المضادة النقية ، من بينها مؤسسة تسمى مونوتيك ، تعضدها شركة الغزل كوتس باتونز .

ربما تكون الترتيبات قد انتهت عند ظهور هذا الكتاب لإنشاء النظير الزراعى لشركة سلتك لتتجير البحوث ، التى يمولها مجلس بحوث الزراعة . وقد قدمت شركة « ألترامار » الخاصة للبترول العونَ لمثل هذه المشاريع ، كما سيأتى العون أيضا من الحكومة عن طريق جماعة التكنولوجيا البريطانية وأيضا من المستثمرين فى « المدينة » . ويبدو أن مساعدة الدولة لسلتك ترتكز على فكرة أنها ستئول فى النهاية إلى القطاع الخاص ، على نفس نمط « أمرسهام إنترناشيونال » . ولشركة أمرسهام مصالحها فى مجال الـ د ن ا المطعَّم ، ومثلها أيضا الكثير من المؤسسات مثل معامل سبييود التى ذكرت فى الفصل الرابع فى الجزء الخاص ببروتينات الدم ، ومؤسسةٍ فى جلاستونبيرى ـ اشترتها مؤخرا جماعة جينيس ـ متخصصةٍ فى زراعة الأنسجة ، ومؤسسة أخرى فى ويلز لديها طريقة لاستخلاص البروتين من مخلفات اللبن ، وغيرها فى ليفربول تصنع إنزيمات ، وأخيرة فى هال مختصة بتربية النباتات . وكل هذه لا تشكل ما يمكن أن يقارن بعدد المؤسسات فى الولايات المتحدة . ولكن أكبر الشركات فى بريطانيا حتى الآن هى شركة سلتك . والاستثمار البيوتكنولوجى بالمؤسسات الكبيرة مثل آى . سى . آى ، ورانك هوفيس ماكدوجال ، وج . د . سيرل ، سنجده هو الآخر أكبر بكثير من الاستثمار بسلتك .

فإذا تمكنَت شركة سلتك من التغلب على الهزة فى الصناعة البيوتكنولوجية واستمرت فى النمو فستبدأ محاولات بيعها فى الوقت المناسب ، وأعتقد أنه من الضرورى أن نقاوم هذا ، وأن نقاوم أية محاولات مشابهة فى المستقبل بالنسبة لمركز البحوث الميكروبيولوجية التطبيقية ، كما أنه من الواجب فى نفس الوقت أن نعالج ترتيبات التوثيق بين سلتك ومركز البحوث الطبية (م ب ط) بدقة ، فلشركة سلتك فى الوقت الحاضر الحق الكامل لتطوير وتتجير الأعمال التى تتم فى معامل

مركز البحوث الطبية ، ويعود بعض عائد الأفكار المستخدمة لصندوق داخل مركز البحوث اسمه صندوق سلتك ، وعلينا أن ننتظر لنرى إذا ما كان لهذا أثر فى تحويل أولويات البحوث داخل م ب ط نحو الأفكار التى يمكن استغلالها تجاريا ، ولعل فى احتمال حدوث هذا ، السببَ الوجيه لمراجعة شاملة لكيفية تحديد م ب ط لأولويات المشاكل البحثية ، مراجعةٍ لا يقوم بها كبار رجال المؤسسات الطبية وإنما جماعة أخرى من قاعدة أعرض .

والغاية ليست بالضرورة حماية البحث الطبى من السوق ، ولكن معرفة كيف تفكر صفوة الأعضاء فى مجالسه ولجانه . أى المجالات البحثية يحترمون ؟ ما الذى يجعل نجاح المشروع لديهم أكثر احتمالا ؟ كيف يستجيبون لبحث له دافع سياسى واضح ؟ كيف تعامل المشاريع المختصة بمجالات الطب الدنيا ، مثل الطب المهنى وطب الأمراض التناسلية وطب المناطق الحارة ؟ تتخذ قرارات تمويل البحوث فى الوقت الحالى بطريقة مانعة للغاية ، وسيكون من الطيب أن نشهد اشتراكا أكبر للجمهور فى هذه العملية . فتحت هذا التفحص تصبح هناك فرصة أكبر لنجاح المشاريع التى تختبر خبرة الأطباء أو التى تحاول نقل السيطرة من الأطباء إلى المرضى ، أو تلك التى تركز بالتحديد على الأسباب الاجتماعية للأمراض ، كالمخاطر فى مكان العمل .

ومن الممكن بنفس الشكل أن يستفيد مجلس بحوث الزراعة من اشتراك اتحاد نقابات العمال ، الذى يمكن أن يضمِّن فى تخطيط البحوث مواضيعَ الميكنة واستخدام الكيماويات وشروط العمالة فى الزراعة وفى التصنيع الغذائى ، كما يمكن أن يُستخدم الاقتراح الخاص بإنشاء شركة يشترك فيها المال العام لتتجير بحوث مجلس بحوث الزراعة ، فى مراجعة أنشطة المجلس وفى تغيير تركيب عضويته ، فليس من المستحيل عندما يحين الوقت أن يقيم م ب ع هـ أيضا مخاطرة تجارية من هذا القبيل ، مثلا لخدمة صناعة الكيماويات والطاقة ، ليطبق نفس تعليقى على تغيير أولويات البحوث .

وعلينا أخيرا أن نفكر فى المخاطر . سيقول الكثير من العلماء إن المخاطر فى بحوث الـ د ن ا المطعَّم قد ضُخمت ، أما المخاوف المبالغ فيها من ظهور عوامل مُعْدية جديدة وحدوث كارثة إيكولوجية ، فقد واجهها ، كما يقولون ، أقوى برامج إدارة الأفكار ، ذلك البرنامج الذى أدى إلى تقليم أظافر البيروقراطية المتفشية التى كان من الممكن أن تقتل هذا المجال البحثى الجديد .

مايزال يحيرنى استعداد بعض البيولوجيين للتفوه بمثل هذه العبارات القاطعة عن أمان الكائنات المطعَّمة ، بعد عشر سنين فقط من العمل مع كميات

محدودة جداً منهـا ، ليس لأننى أعتقـد أنه قد فاتهم بالفعل شىء ، ولكننى لا أستطيع أن أفهم كيف يمكن لبعض الناس أن يتأكدوا من أن المستقبل البيولوجى لا يحمل مفاجآت كريهة . وأعتقد أنه لا يصح أن نسمح بموت عملية تقييم مخاطر البيوتكنولوجيا ، فإنتاج كميات ضخمة من كائنات دقيقة أكثر قوة ، يثير أسئلة بيولوجية جديدة ، ويلزم أن تقوم المؤسسات القومية الاستشارية مثل ج ا م وى فى بريطانيا بالمراجعة المستمرة لمعلوماتها عن بيوتكنولوجيا الإنتاج الواسع ، وأن تتشاور فى ذلك ـ بكل ما يعنى التشـاور من معنى ـ مع رجـال اتحـاد نقابات العمال . إن ج ا م و ى ـ وهى فى السـادسـة من عمـرهـا تبدو طفلة مريضة . وحكومة المحافظين تنوى الإبقاء عليها ، يدفعها إلى ذلك اتحادات الياقات البيضاء . إن مخاطر البيوتكنولوجيا على المستوى الصناعى تحتاج إلى اهتمام ج ا م و ى المستمر فى أعوامها القادمة .

إننى أرى أن الترتيبات التى اقتُرحت حتى الآن فى هذا الجزء كلها ترتيبات للحماية صُممت للاحتفاظ بخط دفاع ضد غارات رأس المال الجديدة على معمل البيوتكنـولـوجيا . وأنـا لا أدعو إلى برج عاجى ، ولا أنا أقول إن البحوث غير التطبيقية هى البحوث الأسمى والأكثر نبلا . إن غرضى هو تحديد مجموعة من المعايير يمكن أن تحظى بالتعضيد الشعبى ، معايير لا تتسبب فى كارثة اقتصادية أو علمية عنـد تنفيذها ، معايير تسمح بحدوث تغييرات بنيوية أكثر جذرية فى البحوث والصناعة وهذه المعايير يمكن وضعها فيما يلى :

	المصلح الراديكالى	العمل الحر
مستـوى التـعـضـيد الحكومى للبحوث	زيادة الاعتمادات ، قل مثلا ، الى ٥٠ مليون جنيه سنـويا ، لمدة خمس سنوات . خطة قومية للبيوتكنولوجيا تُناقش على أوسع مستوى مع تقييم شامل للتكنولوجيا .	كالوضع الحالى
التعاون بين الجامعات والصناعة	يُشجَّع ويُقرن بضرورة أن تقوم الشركـات المعـنية بتـوقيع اتفـاقيات تكنـولـوجية ، وأن تساعـد فى خلق خطط عمالية مشـتركـة . قواعد صارمة على الاستشارات الأكاديمية . يمنع وجـود الشركـات داخـل الجـامعة . تُمنع كل استشارات مباشرة للجامعة فى شركاتها الخاصة .	الموافقة على كل ما يسمح بنقل التكنـولـوجيا . البحث بدون مثل هذا الدعم يصبح أصعب فى موالاتـه . بنية الـوظيفـة الـعـلمـية تتضمن ـ باطـراد ـ الاستشارات الصناعية .
تتـجـير عمـل مجلس البحوث الممول تمويلا عاما	من خلال القـطاع الخـاص ، وشركة بحوث نصفها قطاع عام تئـول إلى القطاع الخاص ، أو إلى التصفية .	من خلال شركات قطاع عام لها حقوق كاملة على أفكار مجلس البحوث . اشتراك اتحاد نقابات العمال فى مجالس البحوث .
التوثيق	م ق ب ت ، فى شكل معدل ، يوثق البحـوث النـاتجـة عن القطاع العام .	إلغاء م ق ب ت عمليا ، زيادة « الـوصـول » إلى بحـوث الجامعة ـ تخفيض رسوم التسجيل .
تقييم المخاطر	استبقاء ج ا م و ى وتقويتها ، لا تغيير فى أسلوب لوائحها .	إلغاء ج ا م و ى عندما يصبح هذا مقبولا من الناحية السياسية .
عون الحكـومـة فى بنـاء مؤسسات ومصانع	متـاح ، وإنـما يخضـع لنفس شروط خطط الشركـات التى ذكـرت سابقـا . تجنيب تمويل خاص لتعـاونيات ذات قواعـد بالمجتمع ولمشاريع داخل المدنية .	متـاح ، ولكن يستبقى ساكنا كمظهر لتناقض نشاط الحكومة مع إعلام السوق الحر .
نظام الضرائب	كما هـو	تُجعل المقاولات العلمية أكثر ربحا .

أود على الأقل أن يكون واضحا أن هناك طرقا يمكن بها فحص الأولويات التى تتخذ الآن فى البيوتكنولوجيا فحصا ناقدا ، وأنه من الممكن أن تبتكر نظم جديدة أكثر اهتماما باشتراك الناس وأكثر ديمقراطية لتحويل الطريقة التى يُنظر بها إلى البحوث ، والطريقة التى تقيِّم بها وتموَّل وتدار .

وضع البيوتكنولوجيا فى جدول أعمال أناس أكثر

تحظى التضمينات المالية والصناعية والسياسية للبيوتكنولوجيا فى بعض الدوائر بالكثير من الاهتمام ، فهذه القضايا توضع محل التفكير المدقق فى حجرات مجالس الإدارة ، وفى حجرات استراحة الرؤساء وفى مكاتب السماسرة وفى ردهات السلطة ، ويقابل هذا ، اللااهتمام النسبى بالبيوتكنولوجيا الذى تبديه اتحادات نقابات العمال وجماعات الضغط غير الصناعية وجماعات المستهلكين والمؤسسات النيابية للمجتمع خارج البرلمان .

كان من بين أسباب وضع هذا الكتاب محاولتى لتوسيع دائرة الاهتمام بفكرة التأمل فيما قد تكون عليه تضمينات البيوتكنولوجيا ، فمعظم الخيارات التكنولوجية لم يوضع حتى الآن فى شكل محدد . وهذا الشكل من معالجة التوقعات نادر جدا بالنسبة للتكنولوجيات الحديثة ، ولكن هناك فى حقل الإلكترونيات الدقيقة على الأقل مايشير إلى أن الإحساس بأثرها المحتمل على العمل والعمالة والراحة والاستهلاك والتعليم والخبرة وتقسيم العمل ، قد جعل الكثيرين من مختلف الفئات يقولون : « ماذا يعنى هذا بالنسبة لى - ولعملى / لمهنتى التعليمية / لاحترامى لنفسى / لوضعى الاجتماعى / لعلاقاتى الشخصية ؟ » ولابد أن يبدأ شىء مثل هذا بالنسبة للبيوتكنولوجيا .

وللوصول إلى هذا الغرض أود أو أقترح نوعَ مَنْ يمكنه أن يبدأ فى تأمل المستقبل المحتمل ، وأن أبين أنواع الأسئلة التى قد تثار . إننى أتوقع من كل مَن يقرأ هذا الكتاب أن يصل إلى هذه المرحلة وأن يسأل نفسه الآن - إن لم يكن قد سأل نفسه بالفعل - : « كيف يمكن أن يؤثر هذا كله على وظيفتى ، على طريقتى فى العمل ، على نشاطى المنزلى ، على صحتى فى المستقبل ، على بيئة المدينة ، على قدرتى كمستهلك ومستخدم للطاقة ؟ » . وقد يسأل أيضا : « كيف يمكن أن يستوعب كل هذا اتحاد نقابات العمال ، والمنظمات المدنية والاختيارية التى أنتمى إليها حتى تكتسب تأثيرا أكبر أو سيطرة أكبر على ما يحدث ؟ كيف يمكن لهذه المنظمات أن تسيِّس عملية الابداع ؟ » . لم أحاول أن أرصد كل الجماعات أو القطاعات الجماهيرية التى لها اهتمام بالأمر ، ولكنى سأقدم بعض الأمثلة .

لعل الاتحادات الثلاثة الوحيدة فى بريطانيا التى أظهرت اهتماما حقيقيا فى البيوتكنولوجيا هى ج م ع ت ا ، التى تمثل الباحثين ومساعدى المعمل فى مجال واسع من الخلفيات ، وجمعية مدرسى الجامعة التى تمثل محاضرى الجامعة ، ومعهد خدام المجتمع المحترفين الذى يمثل الباحثين فى بعض المعامل الحكومية . ويستطيع أعضاء هذه الاتحادات أن يفعلوا الكثير لفحص التطورات الحديثة ولمساعدة الاتحادات الأخرى فى قطاعات المستحضرات الصيدلية والزراعية والكيماويات فى أن تتفكر أوضاعها . فإذا ما تحولت الصناعة الكيماوية مثلا نحو عمليات التخمر ، فمن الضرورى أن نضع فى الاعتبار المخاطر المحتملة للعمل مع الكائنات الدقيقة ، كالخميرة . وإذا ما أصبحت نفايات المدن سلعة ذات قيمة ، فماذا يعنى هذا بالنسبة لعمل الزبالين وأجورهم ؟ هل يشجع ارتفاع قيمة النفايات الاتجاه إلى تحويل هذا المجال إلى القطاع الخاص ؟ أم هل يعاكسه ؟ وبالنسبة لعمال الزراعة ، يلزم أن نضع فى الاعتبار الطريقة التى تصمم بها النباتات الجديدة فى أنماط تتوافق مع الصناعة . هل سيستمر الاتجاه إلى الميكنة ، وإلى المزارع الكبيرة ، وإلى العمل الذى يحتاج إلى مهارة أقل ؟ وفى مقدور العمال عموما أن يفكروا فيما إذا كان من الممكن أن تستخدم البيوتكنولوجيا فى خلق أنماط من الطب المهنى أكثر فعالية . ومن خلال المجالس النقابية يمكن للعمال أن يؤكدوا على تقييم أثر البيوتكنولوجيا على العمالة فى مناطق معينة .

أما فى مجال الصحة والدواء فالأغلب أن يكون السؤال الملحّ للمستقبل القريب هو : أى نوع من الخدمة الصحية سيبقى ، وما هو القَدر منها الذى سيظل فى الملكية العامة ؟ وليس من الواضح إن كانت السياسة البحثية ستؤثر تأثيرا كبيرا على نتيجة هذا الصراع ، ولكن من الضرورى أن يَسمح التمويل الأوفر للطب الوقائى ، على المدى الطويل ، بتخفيف العبء على العاملين بالمستشفيات بحيث يمكنهم أن يقدموا لمرضاهم مستوى من الرعاية أفضل .

والتطعيم باللقاحات أحد أشكال الطب الوقائى الذى يمكن أن يتأثر بالبيوتكنولوجيا - كتسوس الأسنان مثلا ، ولو أن هناك شكلا أهم من أشكال الوقاية من هذا المرض ، هو أن يغيّر الناس من عاداتهم الغذائية ويصبحوا أكثر معرفة بطريقة الاهتمام بأسنانهم . إن هذا هو نوع القضايا الاستراتيجية التى تهمل فى مهنة طب الاسنان . ويستطيع أطباء الأسنان أن يفعلوا أكثر لنشر هذا الجدل على أوسع نطاق . وبنفس الشكل فإن التطعيم ضد الحمل قد يبدو فكرة طيبة ، ولكن الخبرة مع ديبو بروفيرا مانع الحمل المثير للجدل الذى يستخدم حقنا ، تشير إلى أنه كثيرا ما يستخدم سراً دون استشارة النسوة اللائى يحقنّ به .

ذكرتُ فى الفصل الرابع قضية هى مستقبل خدمة نقل الدم ، وهى قضية

يحتمل أن تؤثر فيها التطورات البيوتكنولوجية فى المدى غير البعيد . ويبدو من المهم أن نسأل الآن أى خدمات نريدها . وأنا أعتقد أننا نحتاج خدمة رخيصة مرنة حديثة لا تعوقها البيروقراطية العاجزة ، خدمة تستخدم خليطا من منتجات الدم من المتبرعين ومن المستحضرات الاصطناعية ، وأن تكون هذه ملكية عامة . وهذه قضية يمكن لعمال هذه الصناعة أن يعرضوها على الجمهور .

وهناك مشكلة مع الطب الحديث هى أنه يُجرى فى معاهد كبيرة لا شخصية ، معاهد تأتى حاجاتها الإجرائية والتنظيمية قبل حاجات المرضى الطبية والنفسية . وقد أكدت الجماعات النسائية بالذات على نوع آخر من الرعاية الصحية لاجتثاث التفرقة بين الجنسين المحفورة عميقا فى التطبيق والنظرية الطبية ، ولنقل سلطة اتخاذ القرار من أيدى الأطباء إلى أيدى من فى حاجة إلى المساعدة الطبية ، وقد ذكرنا فى الفصل الرابع باختصار أن الأجسام المضادة النقية قد تجعل من تحديد جنس المولود أمراً ممكنا عن طريق السماح باختيار الجاميطة الذكرية أو الأنثية فى مرحلة ما من مراحل الاخصاب . فاذا ما أصبح هذا ممكنا من الناحية التقنية فسيكون له آثار خطيرة فى تقوية وتضخيم الموقف التمييزى والقمعى ضد النساء اللائى سيكبرن وهن يشعرن بأنهن قد اخترن بعد الأخ الأكبر .

ولمواجهة هذا يلزم أن نفكر فى الطريقة التى تستخدم بها النساء التطويرات الطبية لتوطيد ثقتهن فى قدرتهن ولتحويل السلطة بعيداً عن مدراء الفريق الطبى . وهناك إمكانية أخرى تختص بالأجسام المضادة النقية التى قد تسمح باختبارات حمل أدق وأرخص ، وبالرغم من أن هذه الاختبارات عملية تجارية أو إجراء يتم بالمستشفى ، فمن الممكن أن تقوم به جمعية نسائية ترتبط بالمجتمع قادرة على أن تقدم نوعا آخر من النصيحة والتعضيد وأن تسهل الوصول إلى خدمات أخرى غير ما تسمح به المؤسسات الحالية .

وهناك فى مجال الغذاء والزراعة أسئلة وأسئلة . وأحد هذه الأسئلة يتعلق بالفقد فى أنواع النباتات الذى تبناه صندوق الحياة البرية العالمى لتعديل التوازن فى الاهتمام بعيدا عن الأنواع الحيوانية . ويبدو لى أن هذه قضية تستحق أن توضع فى اعتبار منظمات المستهلكين ، مثل : منظمة الحملة من أجل جعة حقيقية أو منظمة الحملة من أجل خبز حقيقى . وهناك منظمات أخرى ، مثل جمعية الأراضى ، لها اهتمامات بنوع النبات الذى يزرع وكيفية زراعته وحصاده ، أما المنظمات المهتمة بالفقر والجوع والاستغلال فى الدول النامية ، مثل منظمة « الحرب ضد الجوع » ومنظمة « العالم الثالث أولا » فيمكنها أن تحلل أهمية برنامج

الغازوحول والأنماط الجديدة من الزراعة .

والحقيقة أنه من الممكن أن نرى حولنا عددا مذهلا من التكهنات والتأملات والتنبوء بالاتجاهات وبناء السيناريو والمناقشات . فإذا ما ابتدأتَ فى تأمل التشعبات الممكنة للبيوتكنولوجيا ، وتعدد قطاعات المجتمع التى قد تتحسن أو تتحطم مصالحها ووضعها الاقتصادى ومكانتها بسبب الثورة القادمة ، فإن صورة الجدل الاجتماعى الذاتى الدفع عن أهداف هذه التكنولوجيا تصبح مثيرة للأمل وتصبح ضرورية للغاية . إنها تريك كم من المسائل يمضى دون جدل فى عصرنا هذا .

ثقافة المستقبل

إنك لا تستطيع أن تكتب كتابا كهذا دون أن تتأمل وأن تستقرىء المستقبل وأن تُكوِّن ما تأمل أن يكون تخمينات عارفة ، ولا شك أننى قد تفهمت الاتجاهات أحيانا تفهما خاطئا ، وأننى قد أغفلت ظواهر تبدو الآن ثانوية ، ولكنها ستسود الساحة بعد عشر سنين ، وأنا أحس ببعض المسئولية لمحاولتى تقليل التفكك فى التوافق بين متن هذا الكتاب وبين المستقبل ، ولابد أن يكون للمختصين فى علم المستقبل معاييرهم ، ولكن هناك حدوداً لما يمكن عمله . لقد حاولت عندما يصعب تبين ما سيحدث أن أبرز ما أعتقد أنه سيكون نموذج التطور ، من خلال نظرة نقدية للمشاريع الاقتصادية التى تدفع التغير التكنولوجى إلى الأمام . وأنا أعتقد فعلا بأن البيوتكنولوجيا سيكون لها بعض المنافع الإيجابية الصريحة ، كما أعتقد أيضا أن تطوراتها ستصاغ وتبنى عن طريق اتحاد فعال بين شركات البحوث والمؤسسات الضخمة المتعددة الجنسية (بين أسماك بحرية وأسماك القرش ، ربما ؟) لمساندة نظام إنتاج أراه مفزعا ، بالرغم من أننى واحد من كبار المستفيدين منه . كما أننى أعتقد أن وسيلة إنتاج السلع والخدمات يمكن - ويجب - أن تُغيَّر حتى نقلل الظلم الاجتماعى والفقر والاستغلال والوحشية والفقر العاطفى - وكل هذه أشياء أساسية فى النظام الحالى - وأن نقضى عليها تماما فى المدى البعيد البعيد .

أود لو استُخدمت البيوتكنولوجيا فى البدءِ بهذه العملية وفى بناء الثقة فى أن تسيَّر الأشياء بطريقة أخرى . لقد كُتب هذا الكتاب عن إحساس بالغضب من الطريقة التى تسير بها الأشياء الآن ، وأرجو أن يكون الكتاب قد أوضح ذلك .

والمشكلة أن الثقة الاجتماعية فى الاستجابة الناقدة للعلم والتكنولوجيا ، ثقة ضعيفة للغاية ، فى الوقت الذى تشيد فيه أسس صناعات جديدة مبنية على

العلم . أليس من المثبط والمحزن أن تأتى هذه المراحل الحرجة من الابتكار التكنولوجى التى يعاد فيها تصميم العناصر الأساسية للبنية الصناعية التحتية ، فى وقت الانهيار والتحلل السياسى ؟ وإذا ما كانت المعارضة ، والتشكك ، والتقييم ، والمناورة من أجل بديل ، والجدل السياسى ، والتأمل العام ، إذا ما كانت جميعا ضرورة فى حقل العلم والتكنولوجيا ، فإننا نجد أن كل القوى والتجمعات التى قد تشجع هذه المهمة تصد للوراء وتدفع إلى مستويات مهينة ، وتحطم . وفى وقتنا هذا ، سنجد أن تقهقر العمل وتقدم رأس المال يشكلان الخلفية لتلك المراودة المستمرة للعلماء الأكاديميين ، وخبرتهم مطلوبة وضرورية - ربما فقط لوقت قصير - كى تستطيع الشركات اقتحام المستقبل بطريقتها هى . وقد أشرت بالفعل إلى طريقة يمكن بها إعادة توجيه الخبرة عن طريق ربط اعتمادات البحوث بالإصلاح السياسى الذى يمكن أن يغير طريقة تصميم ومناقشة الاستثمار الصناعى . ولكن هذه الأشياء لن تحدث إلا إذا أطلقت قوى اجتماعية أخرى ، وتغيرت المواقف الحضارية بالنسبة للخبرة والكفاءة العلمية والتقنية والمعرفة الأكاديمية . فحماس العلماء ونزاهتهم ومسئوليتهم وبعد نظرهم - وكل هذه الانعكاسات تعتم على أى حال بسبب هبوط درجة الحرارة الاقتصادية - لا تكفى وحدها ، بالرغم من أن المتحدثين عنهم سيستمرون بلاشك يدّعون ذلك . ودون ثورة عامة أكبر فى الجدل ، فلن يتغير إلا القليل .

فى أوائل هذا الجزء ذكرت « علم المستقبل » ، وهو مدّع غامض بعض الشىء للاحترام كقيمة أكاديمية ، ولو أنه يظل بالرغم من ذلك مجالا مثيرا . يحاول المستقبليون - كما يشير اسمهم - التكهن بشكل المستقبل ، بالمبدأ المنظم للمستقبل ، وهم يطمحون أن يصبحوا نظاما مثل علم النفس أو علم الآثار ، وهو غرض نبيل . إنه علم يرمى إلى الوصول إلى معايير ذهنية مشتركة لفصل الغث من السمين ، وإلى التعرف على مجموعة من التكنيكات والسيطرة عليها ونقلها ، كما يعنى برنامجا ذهنيا متماسكا . ولكن اتخاذ شكل « نظام » هو أيضا نوع من الابتعاد عن الجمهور ، إتجاه إلى الداخل دائما ما يعبر عنه لغة عندما تبتدىء جماعة تكنولوجية فى الحديث إلى النفس ، لتتوقف عن التفكير فى المراقبين الحائرين الذين اهتموا به يوما . فالنظم إذن هى طريق ممكن للصرامة الذهنية ، وهى فى نفس الوقت متاهة من المصطلحات الفنية يتوه فيها عادة غير المتخصص ليبحث فى ذعر عن باب الخروج .

هل يمكننا إذن كمجتمع أن نبنى علمًا للمستقبل ، له بعض الصرامة والوثوق دون أن نغلق نظاماً أكاديمياً ؟ إننى مقتنع بأنه من الضرورى أن نحاول ،

ذلك لأن سرعة إقبال المستقبل علينا تتزايد ، بينما قدرتنا على التفكير فى تضمينات التفاعل بين الاتجاهات العلمية والاقتصادية والسياسية والثقافية تظل غير متطورة . إننى لا أتحدث عن تهريف لافت للنظر يتعلق باحتمالات ، وأنا لا أتحدث عن تشكيل اقتصادى سرى ، أو وضع سيناريو عقدٍ للشركات الخاصة ، إنما فى ذهنى تنمية لمستقبلات محتملة علينا أن نتصور كيف ستكون . والأمل أن نتعلم أن نتخذ موقفا أقل سلبية نحو التجديد ، وأن نبدأ أولا فى مساءلة الخبراء التقنيين بطريقة أكثر ثقة ، ثم نشترك بعد ذلك فى عملية تخطيط المستقبل . عواطف رقيقة ؟ ربما ، ولكن ، ماذا يمكن أن نفعله لتشجيع هذا النوع من التغير الثقافى ؟ وحديثنا عن وضع شىء أمام نظر الجماهير إنما يعنى بطبيعة الحال الحديث عن وسائل الإعلام الجماهيرى - إعلانات الحائط ، الكتب ، المجلات ، الراديو ، التلفزيون ، السينما ، كاسيتات الفيديو . وأعتقد أننا بالكاد قد ابتدأنا فى استخدام هذه الوسائل لكى نستجيب - خيالا ونقدا - للعلم والتكنولوجيا . ومن المؤكد أن لدينا الآن برامج تحليلية أكثر من ذى قبل فى مجال الإلكترونيات الدقيقة ، تصنيعها وتشغيلها . ولكن هذا ليس إلا جزءا صغيرا - إن يكن هاما - من العالم التكنولوجى . كما أننا نحتاج أيضا أن نتعلم أن نسائل خبراءنا عن الفروض التى تُبنى عليها أحكامهم ، عن أى نمط يستخدمونه من أنماط المجتمع والإنتاج وبناء الثروة والسياسة . من المألوف لدينا أن نعامل السياسيين بخشونة فى وسائل الإعلام - ولو أنهم قد يغادرون الاستوديو غاضبين كما فعل سير هارولد ويلسون وجون نوط - أما العلماء فنعاملهم بشكل أكثر احتراما ، وأنا لا أقترح أن نبتدىء فى إلقاء العلماء للأسود كشكل من أشكال السيرك الرومانى المُتَلْفَز لتسليتنا كمشاهدين ، ولكنى أعتقد أننا لابد أن نضيّق عليهم الخناق حتى نعرف السبب خلف بعض السيناريوهات والسياسات . فالمستقبل - على أى حال - يتوقف عليها .

معجم بترجمة المصطلحات الانجليزية

(ا) إنجليزى - عربى

(A)

active site موقع نشط
adaptor مهيىء
antibiotics مضادات حيوية
antibodies أجسام مضادة
monoclonal... أجسام مضادة نقية
automation أتمتة

(B)

bacteriophage بكتريوفاج
biogas بيوجاز
biology بيولوجيا - علم الحياة
molecular --- بيولوجيا جزيئية
biomass الكتلة الحيوية
biotechnology بيوتكنولوجيا - تكنولوجيا حيوية

(C)

carcinogen مسرطن
catalyst منشط - محفز
cash crops محاصيل نقدية
cell culture مزرعة خلايا
--- lines خطوط الخلايا
--- modification تحوير خلوى
recipient cell خلية مُضيفة
chromosome كروموزوم - صبغى
clones نسخ خضرية
cloning نَسْخ خضرية - استنساخ خضرى
clotting factor عامل التجلط
code شفرة
codon كودون - وحدة شفرية
computer حاسب آلى - كمبيوتر
conjugation اقتران
cryptography علم الشفرة
cybernetics سيبرناطيقا - علم الضبط

(D)

decode حلُّ الشفرة
denitrifying مُزَنْترة
DNA د نَ ا
double helix اللولب المزدوج
Down's syndrome ظاهرة الطفل المغولى

(E)

E. coli إ . كولاى
edite حرر
electrophoresis التفريد الكهربى
embryo - transfer نقل الأجنة
encode شفر
encoded information بيانات مشفرة
enzyme إنزيم
immobilized --- إنزيم ساكن
restriction --- إنزيم التحديد

(F)

fibroblast فيبروبلاست (خلية النسيج الضام)
fold طَوَى
folding طىّ
fractionation تشظية
futurology علم المستقبل

(G)

gasohol غازوحول

gene	جين
--- banks	بنوك الجينات
--- splicing	التطعيم الجينى
--- therapy	العلاج بالجينات
genetic	وراثى
--- blueprint	البرنامج الوراثى
--- code	شفرة وراثية
--- determinants	محددات وراثية
--- engineering	هندسة وراثية
--- erosion	التآكل الوراثى
--- information	معلومات ، بيانات وراثية
--- instructions	تعليمات وراثية
--- manipulation	معالجة وراثية يدوية
--- screening	مسح وراثى
---supply industry	صناعة الموارد الوراثية
--- text	المتن أو النص الوراثى
genetics	علم الوراثة
germ cell modification	تحوير خلوى جرثومى

(H)

haemophilia	نزف دموى ـ سيولة الدم
helix	لولب
double ---	لولب مزدوج
super ---	لولب فائق
host cell	خلية مضيفة
hybridomas	هيبريدومات ـ خلايا هجينة مدمَجة
hydroponics	الزراعة المائية

(I)

immunology	علم المناعة
information	بيانات ـ معلومات
encoded ---	بيانات مشفَّرة
inoculant	لقاح بكتيرى
instructions, genetic	تعليمات وراثية
insulin	إنسولين
interferon	إنترفيرون
intron	إنترون ـ منطقة لغو
in vitro	خارج الجسم

(L)

latex	لثى ـ لبن النبات
ligases	ليجيزات ـ إنزيمات الوصل
lines	خطوط
cell ---	خطوط الخلايا
loop	أنشوطة

(M)

markers	واسمات
media	مستنبت
messenger RNA	ر ن ا الرسول ـ حامل الرسالة
metabolism	أيض
micro - electronics	إلكترونيات دقيقة
micro - organisms	كائنات حية دقيقة
model	نمط
modelling	تنميط
modernization	تحديث
modification	تحوير
cell ---	تحوير خلوى
molecular biology	بيولوجيا جزيئية

(N)

Nif - system	جهاز نيف
nitrifying bacteria	بكتيريا منيترة
nonsense	لغو
nucleotide units	وحدات نوتيدية

(O)

oncogenic	مسرطِن
operon	أوبيرون

(P)

pairing	إقتران
peptide	ببتيد
phage	فاج
plasmids	بلازميدات
Ti ---	بلازميدات تى

polypeptide بوليببتيد
polymerization بلمرة
pomato بطاطم
process technology تكنولوجيا النسق
procreation إنجاب
programme برنامج
programming برمجة
promoters (جينات) منشطة
proteen بروطين
protoplast بروتوبلاست (خلية عارية)

(Q)

quantification تَكْمِيَة

(R)

recipient cell خلية مضيفة
recombinant genetics وراثة تطعيمية
recombinant DNA د ن ا مطعّم
replicate نَسَخ
replication تضاعف ذاتى - نسخ
reprogramming إعادة البرمجة
restriction enzymes إنزيمات التحديد
restriction site موقع تحديد
ribbon جديلة
ribosome ريبوسوم
RNA ر ن ا
messenger --- ر ن ا الرسول - حامل الرسالة
transfer --- ر ن ا المترجم

(S)

screening, genetic المسح الوراثى
section مقطع
sensor مجس
sequence تتابع
sequencing تحديد التتابع
serum مصل
sexing تجنيس
sickle cell anaemia أنيميا الخلايا المنجلية
slow viruses الفيروسات البطيئة
somatic cell modification التحوير الخلوى الجسدى
somatostatin سوماتوستاتين
sticky ends الأطراف اللزجة
strand جديلة
strain سلالة
super helix لولب فائق
symbiosis تكافل
synthesis تخليق - تمثيل
--- gas غاز التخليق

(T)

technical تقنى
template قالب
thalassaemia ثالاسّيميا - أنيميا البحر الأبيض
Ti - plasmid بلازميد - تى
tissue culture زراعة الأنسجة
transcribe نسخ
transducing phage فاج ناقل
transduction استنقال
transfer RNA ر ن ا المترجم
transplanting ازدراع

(V)

vaccine لقاح
virology فيرولوجى - علم الفيروسات
virus فيروس
slow --- الفيروسات البطيئة

(ب) عربى - إنجليزى

(أ)

أتمتة	automation
أجسام مضادة	antibodies
أجسام مضادة نقية	monoclonal antibodies
إزدراع	transplanting
إستنساخ خضرى	cloning
إستنقال	transduction
أطراف لزجة	sticky ends
إعادة البرمجة	reprogramming
إقتران	conjugation, pairing
إلكترونيات دقيقة	microelectronics
إ . كولاى	E. coli
إنترفيرون	interferon
إنترون	intron
إنجاب	procreation
إنزيم	enzyme
إنزيم التحديد	restriction enzyme
إنزيم ساكن	immobilized enzyme
إنزيمات الوصل	ligases
إنسولين	insulin
أنشوطة	loop
أنيميا البحر الأبيض ، ثالاسيميا	thalassaemia
أنيميا الخلايا المنجلية	sickle cell anaemia
أوبيرون	operon
أيض	metabolism

(ب)

ببتيد	peptide
برمجة	programming
برنامج	programme
برنامج وراثى	genetic blueprint
بروتوبلاست	protoplast
بروطين	proteen
بطاطم	pomato
بكتريوفاج	bacteriophage
بلازميد	plasmid
بلازميد - تى	Ti - plasmid
بلمرة	polymerization
بنوك الجينات	gene banks
بوليببتيد	polypeptide
بيانات مشفرة	encoded information
بيانات وراثية	genetic information
بيوتكنولوجيا	biotechnology
بيوجاز	biogas
بيولوجيا	biology
بيولوجيا جزيئية	molecular biology

(ت)

تآكل وراثى	genetic erosion
تتابع	sequence
تحديث	modernization
تحديد التتابع	sequencing
تحوير خلوى جرثومى	germ cell modification
تحوير خلوى جسدى	somatic cell modification
تجنيس	sexing
تخليق	synthesis
تَشْطِية	fractionation
تضاعف ذاتى (للجين)	gene replication
تطعيم جينى	gene splicing
تعليمات وراثية	genetic instructions
تفريد كهربى	electrophoresis
تقنى	technical
تكافل	symbiosis
تكْمِيَة	quantification
تكنولوجيا حيوية	biotechnology
تكنولوجيا النسق	process technology

سوماتوستاتين	somatostatin
سيبرناطيقا	cybernetics
سيولة الدم	haemophilia

(ش)

شفّر	encode
شفرة	code
شفرة وراثية	genetic code

(ص)

صبغى	chromosome
صناعة الموارد الوراثية	genetic supply industry

(ط)

الطفل المغولى ـ ظاهرة	Down's syndrome
طوى	fold
طى	folding

(ظ)

ظاهرة الطفل المغولى	Down's syndrome

(ع)

عامل التجلط	clotting factor
العلاج بالجينات	gene therapy
علم الحياة	biology
علم الشفرة	cryptography
علم الضبط	cybernetics
علم الفيروسات	virology
علم المستقبل	futurology
علم المناعة	immunology
علم الوراثة	genetics

(غ)

غاز التخليق	synthesis gas
غازوحول	gasohol

(ف)

فاج	phage

تمثيل	synthesis
تنميط	modelling

(ث)

ثالاسّيميا	thalassaemia

(ج)

جديلة	strand, ribbon
جهاز نيف	nif system
جين	gene
جينات منشطة	promoters

(ح)

حاسب آلى	computer
حرر	edite
حلّ الشفرة	decode

(خ)

خارج الجسم	in vitro
خطوط	lines
خطوط الخلايا	cell lines
خلايا هجينة مدمَجة	hybridomas
خلية مضيفة	host or recipient cell

(د)

د ن ا	D N A
د ن ا مُطعَّم	recombinant DNA

(ر)

ريبوسوم	ribosome
ر ن ا	R N A
ر ن ا حامل الرسالة	messenger R N A
ر ن ا الرسول	messenger R N A
ر ن ا المترجم	transfer R N A

(ز)

زراعة الأنسجة	tissue culture
الزراعة المائية	hydroponics

(س)

سلالة	strain

مسرطِن	carcinogen, oncogenic
مصل	serum
مضادات حيوية	antibiotics
معالجة وراثية يدوية	genetic manipulation
معلومات وراثية	genetc information
مقطع	section
منشط	catalyst
منطقة لغو	intron
مُزَنْتِرة	denitrifying
مُنَيِّترة	nitrifying
مهيىء	adaptor
موقع نشط	active site
موقع تحديد	restriction site

(ن)

نزف دموى	haemophilia
نَسْخ	replication
نَسَخ	replicate, transcribe
نِسخ خضرى	cloning
نَسَخ خضرية	clones
النص الوراثى	genetic text
نقل الأجنة	embryo transfer
نَمَّط - نَمَط	model
نوتيدة	mucleotide

(هـ)

هندسة وراثية	genetic engineering
هيبريدومات	hybridomas

(و)

واسمات	markers
وحدة شفرية	codon
وحدة نوتيدية	nucleotide unit
وراثة تطعيمية	recombinant genetics

فاج ناقل	transducing phage
فيبروبلاست	fibroblast
فيروس	virus
فيروسات بطيئة	slow viruses
فيرولوجى	virology

(ق)

قالب	template

(ك)

كائنات حية دقيقة	micro - organisms
الكتلة الحيوية	biomass
كروموزوم	chromosome
كمبيوتر	computer
كودون	codon

(ل)

لبن النبات - لَثَى	latex
لغو	nonsense
لقاح	vaccine
لقاح بكتيرى	inoculant
لولب	helix
لولب فائق	super helix
لولب مزدوج	double helix
ليجيزات	ligases

(م)

المتن الوراثى	genetic text
مجس	sensor
محاصيل نقدية	cash crops
محددات وراثية	genetic determinants
محفز	catalyst
مزرعة خلايا	cell culture
مستنبت	media
مسح وراثى	genetic screening

الرموز المستخدمة

ا ن ع	:	اتحاد نقابات العمال .
ج ا ك م خ	:	الجماعة الاستشارية للكائنات الممرضة الخطيرة .
ج ا م و ى	:	الجماعة الاستشارية للمعالجة الوراثية اليدوية .
ج ب م ا ع	:	الجماعة البريطانية للمسئولية الاجتماعية فى العلم .
ج ت ب	:	جماعة التكنولوجيا البريطانية .
ج م ع ت ا	:	جمعية الموظفين العلميين التقنيين والإداريين .
د ن ا	:	ديوكسى ريبونكليك أسيد .
ر ن ا	:	ريبونكليك أسيد .
ل ا د م	:	اللجنة الاستشارية للـ د ن ا المطعَّم .
ل ت ع ز	:	لجنة تنظيم عمال الزراعة .
م ب ط	:	مركز البحوث الطبية .
م ب ع هـ	:	مجلس بحوث العلوم والهندسة .
م ق ب ت	:	المؤسسة القومية للبحث والتطوير .
م ق ص	:	المعهد القومى للصحة .
م م ت	:	معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا .
م م ت ق ذ	:	المركز المكسيكى لتحسين القمح والذرة .

رقم الإيـداع ٤١١٤ / ٨٥

دار غـريب للطـباعة

١٢ شارع نوبار (لاظوغلى) القاهرة

ص . ب (٥٨) الدواوين تليفون : ٥٤٢٠٧٩

هذا الكتاب

نحن نعيش الآن بالفعل الثورة البيوتكنولوجية ، تلك الثورة التى ستغير وجه الحياة على الأرض فى المستقبل القريب ، وستبدل وتثوِّر الزراعة والصناعة والطب : إنتاج الطعام والدواء والطاقة والكيماويات . إنها بلاشك أخطر ثورة علمية قام بها الإنسان حتى الآن .

لقد وصلت البيوتكنولوجيا مرحلة أمكن فيها للبكتيريا أن تنتج الإنسولين الآدمى ، وأن تفرز البلاستيك ، وأن تعيش على مخلفات البترول ، وأن تستخلص المعادن من تراب الركاز ، وأن تجمعها من ماء البحر ، بل وأن تحيل نفايات الإنسان إلى طعام . لقد تمكن العلماء من غرس الجينات الآدمية فى النبات ، ومن دمج نباتى الطماطم والبطاطس ، ومن التهجين الجينى بين الفاصوليا والطباق .

وهذا الكتاب يبينِّ بأسلوب شيق بسيط كيف تمكن العلماء من هندسة الحياة للأغراض التجارية ، وكيف تخطط الآن ثورة ستؤثر بكل تأكيد على حياة كل فرد منا ، تشرح فيه المادة العلمية بطريقة يسهل على غير المتخصصين تفهمها ، كما ينقل إلى المتخصصين آفاقا للتفكير رحبة جديدة . إنه يصف الثورة الهائلة التى غيرت الكثير من المفاهيم الراسخة ، وهو يؤكد على ضرورة مشاركتنا جميعا فى اتخاذ القرارات بالنسبة لاتجاه هذه الثورة ، لأنها ستصبغ بنتائجها حياتنا ، بل وحياة الجنس البشرى لقرون تأتى .

إنه كتاب ضرورى للقارىء العام وللمثقف فى عصرنا هذا ، وهو يهم علماء الزراعة والطب البشرى والطب البيطرى والصيدلة والطاقة والكيماويات وعلماء الاجتماع .

إنه ـ بكل تأكيد ـ كتاب يهمك أنت شخصيا .

عبد الحميد أحمد غريب

دار غـريب للطـباعة

١٢ شارع نوبار (لاظوغلى) القاهرة

ص . ب (٥٨) الدواوين تليفون : ٥٤٢٠٧٩